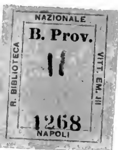



FONDO PROVINCIA


NAZIONALE
B. Prov.
R. BIBLIOTECA
VITT. EM. III
1268
NAPOLI

TRATTATO

DELLE

MALTE E DE' CEMENTI CALCAREI.





SUNTO

DELLE CONOSCENZE POSITIVE ATTUALI

CIRCA

LE QUALITÀ, LA SCELTA E LA RECIPROCA CONVENIENZA
DE' MATERIALI ATTI ALLA FABBRICAZIONE

DELLE

MALTE E DE' CEMENTI CALCAREI;

SEGUITATO

DA NOTE E DA PROSPETTI DI SPERIMENTI GIUSTIFICATIVI,

PER L. J. VICAT.

INGEGNERE SUPERIORE DI PONTI E STRADE, GIÀ ALLIEVO DELLA SCUOLA POLITECNICA,
MEMBRO DELLA LEGION D' ONORE.

PRIMA VERSIONE ITALIANA

DI G. V.



NAPOLI
Dalla Tipografia del Vesuvio

1836.





Al Signor

Consigliere di Stato Becquey,

Direttore Generale de' Ponti e Strade e delle Miniere.

Signor Direttore Generale,

Enumerando qui tutti gli obblighi di cui l'Arte Edificatoria vi sarà debitrice, io giustifico l'omaggio che da voi mi si permette di profferirvi questo novello Saggio. Le vostre cure non si sono limitate a favorire la pubblicazione delle prime mie RICERCHE; voi avete altresì voluto, soggettandole ad una generale investigazione, procacciare ai risultamenti cui io era stato condotto, ogni maniera di certezza. La chiamata da voi fatta allo zelo ed ai lumi de' SS. ingegneri è stata ascoltata: vi ha oggi pochi luoghi della Francia, dove non si possa, senza altro sussidio che quello dei materiali della contrada, fabbricare a discretissimi prezzi delle malte e dei cementi, paragonabili a quanto mai di più perfetto in tal genere abbiamo dagli antichi ereditato. L'antica Bret-

tagna, le rive della Loire, del Rhône, del Doubs, del Cher, della Charente, della Dordogne, della Vezère, ec., offrono in calcine idrauliche, o in sostanze argillose facili a trasformarsi in pozzolane, immense risorse ignote ai nostri maggiori. Cotali risultamenti, Signor Direttore Generale, non si sarebbero per anche conseguiti, se il vostro perseverante volere non mi avesse aiutato a superare degli ostacoli, contra i quali, abbandonato alle mie sole forze, indarno avrei tentato di lottare. Egli è trascorrendo per vostro comandamento le più importanti linee di navigazione del regno, e riunendo così immediatamente i miei sforzi a quelli dei miei colleghi, che il dominio de' fatti ha potuto ampliarsi ed arricchirsi di nuove osservazioni. Se puossi oggidì con economia e con facilità fondar ponti e chiuse, senza esaurimenti e senza palificazioni; se il lusso della pietra da taglio incomincia a cedere il luogo a quella ottima muratura di minuti materiali, della quale i Romani hanno a noi lasciati di così bei modelli; se, infine, le malte resistono alle intemperie e promettono delle costruzioni eterne, egli è a voi, Signor Direttore Generale, che gran parte di tali vantaggi son dovuti. Di simili servigi non saranno giammai obbliati; i chiari uomini che sviluppano e propagano le utili scoperte, hanno uguali diritti alla pubblica riconoscenza, che gl'inventori medesimi.

Sono con rispetto.

Signor Direttore Generale,

Vostro umilissimo ed obbedientissimo servitore

Vicat.

PREFAZIONE.

Fino a pochi anni addietro, l'arte di comporre i cementi riducevasi tuttavia alla conoscenza di picciol numero di fatti, ed all' osservanza di talune regole da lungo tempo ricevute senza disamina, sull' autorità di Vitruvio e degli architetti che lo seguirono. Ma il più delle volte le regole trovavansi in difetto, ed i fatti, mancanti com'essi erano di nesso, non apprestavano che un debole sostegno. Potevasi mai, per esempio, in Francia, comporre della buona malta, mescolando un volume di tre parti di sabbia fossile, ovvero di due parti di sabbia fluviatile, con una parte di calce morta, ottenuta da un durissimo marmo bianco? E tuttavolta le son queste le dosi, e questi i caratteri della buona pietra da calcina indicati da Vitruvio. Poco caleva, del resto, a coloro cui era impossibile di procacciarsela, che di qualità ferrumentarie straordinarie fosse dotata la pozzolana d' Italia ed il trass d' Audemack; che a Metz, a Viviers, a Nismes, ec., in Francia, a Læa in Uplande, ad Alberthaw, in Inghilterra, ed altrove esistessero calcine eminentemente atte alle costruzioni idrauliche. Con tutti questi documenti, comprendendovi eziandio

le scoverte dello svedese Baggé e del Conte Chaptal sulla trasformazione di alcuni scisti e di talune argille ocrose in pozzolane mediante la calcinazione, il più delle volte era mestieri abbandonarsi alla ventura, ovvero far dipendere da incerte analogie la riuscita delle più importanti costruzioni. L'ingegner tale vantava l'efficacia dei rottami di laterizi *ben cotti*, polverizzati (*cocciopisto*); il talaltro riputava ingredienti per eccellenza le scorie, i rosticci, ec.; alcuni affermavano per l'opposto essere cotali sostanze prive d'ogni energia; e siffatta discrepanza di opinioni estendevasi perfino alla manipolazione dei composti: la calcina, doveva essa smorzarsi con molta acqua, ovvero fare che si riducesse in polvere dopo poch' istanti d'immersione? doveva essa adoperarsi fredda o bollente, ec., ec.? Ciascun metodo aveva i suoi fautori, e, ciò che senza dubbio parrà inverisimile, ciascun metodo era sostenuto da sperimenti o da attestati, l'autenticità de' quali non si poteva impugnare. Quel che segue porrà in chiaro tali contraddizioni.

Lasceremo al leggitore considerare un simile stato di cose, e giudicare se questo caos di opinioni e di fatti diversi poteva o no costituire una scienza, una teorica dei cementi calcarei. Si risponderà forse, che in quell' epoca medesima di cui parliamo, ed in paesi in cui la calce non ha alcuna straordinaria qualità, si perveniva non pertanto a fondare senza trass e senza pozzolana, ponti, chiuse, ec. Ma, senza disconvenire di tal verità, farem notare che la più parte di cotali opere non han sussistito, e non sussistono tuttavia, che in grazia di una continuata e dispendiosa

manutenzione; che in parecchi canali è stato mestieri ricostruire gran numero di sostegni le cui pareti trovavansi, dopo pochi anni, spoglie di malta; che moltissime dighe, sfioratori, serre, acquedotti, ec., di recente edificati, offrono di già tutt' i caratteri della vetustà, senza che si possano siffatti deterioramenti ad altra causa ascrivere, che alla cattiva qualità delle malte e dei cementi adoperati.

Codesti fatti, noti ad una moltitudine d' ingegneri, da lunga pezza accusavan l' arte d' insufficienza; e questa ognor più si rendea manifesta, in proporzione della moltiplicità delle opere di navigazione, che il servizio d' una sempre crescente industria esigeva. Nello scopo appunto di porre un termine a questo stato di cose, incominciammo noi nel 1812 le *Ricerche sperimentali*, dipoi pubblicate nel 1818. Ci ha dei subbietti di una importanza quasi diremmo intrinseca, i quali, come tu ti accigni a trattare, così si risveglia l' attenzione generale; ne sia dunque lecito il dire, senza che il nostro amor proprio abbia a prevalersene, che le nostre *Ricerche sperimentali sulla calce e sulle malte*, furono pei chimici, per gli architetti e per gl' ingegneri, obbietto di maturo esame. Alcuni punti di teorica, independenti dai risultamenti generali, furon occasione di discussioni, le quali ne obbligarono a fare un novello lavoro; alcuni sperimenti, contraddittoriamente instituiti in diversi luoghi del regno, d' ordine del Direttor generale de' Ponti e Strade e delle Miniere, nel mentre che rassodavano le basi per noi stabilite, ampliavano a tal segno il dominio de' fatti, che per coordinarne lo insieme, una seconda compilazione si rese ne-

cessaria. Ma, appunto perchè col moltiplicarsi e col rafferrmarsi a vicenda essi aumentavano la certezza che di già si aveva, dettero tali fatti facoltà eziandio di restringere il quadro in cui eran racchiusi, sia prestandosi ad un modo di classificazione da prima impossibile, sia col permettere che moltissime particolarità e documeuti storici o scientifici, ch'è bene consultare, ma che non sono indispensabili alla intelligenza dell' insieme, fossero entro apposite note confinati.

Del resto egli è nella natura stessa delle cose il semplificarsi a misura che si perfezionano; e ciò, più che mai, vuolsi ascrivere a fortuna oggigiorno, che i grossi libri spaventano e non si leggono.

Date codeste spiegazioni, ci affrettiamo di proclamare i novelli obblighi che professiamo ai lavori analitici e sintetici de' SS. John e Berthier, sulle calcaree miste e sulle calcine idrauliche; alle ricerche dell' Ispettore generale di Ponti e Strade S. Bruyère, sulla fabbricazione delle pozzolane e dei cementi fattizî risultanti dalla calcinazione delle argille combinate con una tenue porzione di calce; ai notevolissimi sperimenti dei SS. ingegneri Avril e Girard di Caudemberg, alcuni sulle psammite del Finistère, altri sulle arene del Périgord; allo studio dal S. Raucourt fatto sulle calcine di Russia, studio che ha arricchito la scienza di parecchie importanti osservazioni; e da ultimo agl' interessanti risultamenti ottenuti dall' ingegnere S. Lacordaire, trattando come cementi naturali delle pietre da calcina idraulica imperfettamente cotte.

Ci ha de' servigi di un altra specie, inverso i quali non è minore la nostra gratitudine: tali sono la maniera non men gentile che erudita con la quale l'Ispettor generale S. Bruyère pel primo, nel 1818, volse l'attenzione ed i suffragi del S. Direttore generale e del Consiglio dei Ponti e Strade verso il nostro lavoro; l'appoggio dato al lavoro medesimo con l'onorevole menzione ch'è piaciuto farne nelle loro lezioni alla scuola Politecnica, ai SS. Gay-Lussac e Thénard; nel sunto del suo corso di Costruzione, all'Ispettor generale S. Sganzin; e finalmente in una dotta relazione all'Accademia delle Scienze, al S. Girard, socio della medesima.

SUNTO

DELLE CONOSCENZE POSITIVE ATTUALI

CIRCA

LE QUALITÀ, LA SCELTA E LA RECIPROCA CONVENIENZA DELLE MATERIE
ATTE ALLA FABBRICAZIONE

DELLE MALTE E DE' CEMENTI CALCAREI.

SEZIONE PRIMA.

CAPO PRIMO

Delle pietre calcaree e delle diverse calcine che producono.

Le pietre calcaree sono delle sostanze che si compongono essenzialmente di calcio e di acido carbonico, che si dissolvono sempre negli acidi allungati, o in tutto, o in parte, manifestando una effervescenza più o meno animata, e che si possono rigare con un ferro aguzzo.

Le pietre calcaree talora son pure: cioè, semplicemente composte di calcio e di acido carbonico; e talaltra intimamente commiste alla silice, all'allumina, alla magnesia, al quarzo in granelli, al ferro ossidato, al manganese, al bitume ed all'idrogeno solforato. La presenza di queste sostanze, ad una ad una, a due a due, o tre a tre, ec., costituisce parecchie specie di calcaree, le quali si suddividono in più varietà.

I mineralogi distinguono le calcaree argillose, le magnesiache, le arenacee, le ferruginose, le manganesiache, le bituminose, le fetide, ec., ec.; ed in ciascuna di queste specie osservano alcune varietà nella forma, e nella tessitura, che specificano con le denominazioni di laminose, lamellose, saccaroide, granulose. compatte, globiformi, grossolane, cretacee, polvescenti, pseudomorfiche, concrezionate, geodiche, incrostanti ec., ec. (1).

È utile il conoscere questa nomenclatura; ma ciò che essenzialmente importa al costruttore di sapere, gli è che ciascuna specie di calcarea fornisce una particolare calcina, la quale si distingue nel colore, nel peso, nell' avidità per l'acqua, e principalmente poi nel grado di durezza che acquista, allorchè, dopo averla spenta, la si mescola intimamente con le sostanze terrose conosciute coi nomi di sabbie, pozzolane, ec.

Le qualità fisiche che caratterizzano le pietre calcaree, niuna cognizione possono offerire circa la specie di calce che queste rinserrano; l'analisi chimica stessa non è per lo più che un mezzo approssimativo d'investigazione, il quale daltronde, è praticabile da coloro soltanto, cui sono familiari le manipolazioni del laboratorio. La sperienza di fatto debb' essere l' unica norma del costruttore (2).

È facile assicurarsi se una pietra sia calcarea, servendosi, secondo si disse, del ferro e d'un acido allungato; acquistata tale certezza, riduconsi le mostre di prova alla grossezza d' una noce; se ne riempie un vase qualunque, pertugiato di più fori, i quali mantengono la circolazione dell' aria; si pone il tutto nella regione media d'una fornace da stoviglie (si può anche fare uso d' una fornace da laterizi o da calcina, purchè sia alimentata dalla fiamma d' un fuoco di legna, o di eriche); ed alla fine della cottura (15 a 20 ore), si ritrae la materia, per introdurla ancor calda in bottiglie di collo largo, bene asciutte, e che chiudonsi poi ermeticamente. Lo scopo di tal precauzione è di mantener la calce in tutta la sua vivacità (causticità) fino all' istante prefisso per essere soggettata alla prova.

Quando si è pronto ad incominciare l' esperimento, si cava la calce dal boccale, se ne prende un volume di un litro pieno circa,

compresi gl' interstizî; si pone in un sacchetto di tela molto rada, o piuttosto in un panierino; s' immerge il tutto in un' acqua pura per soli cinque o sei secondi; si cola per un' istante, indi si vuota il sacchetto o il panierino in un mortaio di pietra o di ferro fuso.

Ecco intanto i diversi fenomeni che possono aver luogo dopo la immersione.

1.° La calce sibila, crepita, si gonfia, e riducesi subito in polvere, o il momento dopo.

2.° La calce resta inattiva per un tempo più o men lungo, che non eccede peraltro cinque o sei minuti; dopo di che, i fenomeni testè annunciati si manifestano con energia.

3.° La calce non manifesta segno alcuno dopo cinque o sei minuti; può scorrere un quarto d' ora senza che vi appaia mutazione di stato. Purtuttavolta ella comincia a fumigare ed a screpolare, crepitando poco o nulla; il vapore esalantesi è meno abbondante e men caldo che nel caso precedente.

4.° I fenomeni non incominciano che un' ora, e talvolta più ore dopo l' immersione; evvi screpolamento senza crepitio, poco fumo e poco sviluppo di calore.

5.° I fenomeni cominciano in epoche variabili, ma sono appena sensibili; il calore che si sviluppa non si manifesta che al tatto; la polvescenza difficilmente si determina, e talvolta non ha luogo.

In niun caso deesi aspettare la fine dell' effervescenza per compiere l' estinzione; tostochè lo screpolamento è incominciato, si versa dell' acqua nel vase, non sulla calce, ma di lato, per modo che possa liberamente colare fino al fondo, ov' ella è sorbita di poi da quelle porzioni di materia il cui disfacimento è più inoltrato. Intanto si rimena con una spatola; si continua a versare acqua se fa di mestieri, ma con discrezione affin di non allagare la pasta; si sostituisce da ultimo il pestello alla spatola, e si riduce il tutto ad una fitta consistenza argillosa.

Così preparata, la calcina vuol essere abbandonata a sè medesima, infino a che tutte le particelle pigre abbian subìto l' intero sviluppo. La fine di quest' operazione è annunziata dal compiuto raffreddamento

di tutta la massa. Essa dura da due a tre ore, e talvolta di più.

Si maneggia nuovamente la calcina col pestello, si aggiunge dell'acqua s'è necessario, e questo per modo che si ottenga una pasta fissa quanto più è possibile, senza che lasci di conservare un cotal grado di duttilità. La sua consistenza vuol esser simile a quella dell'argilla, nel punto in cui si adopera per la fabbricazione delle stoviglie.

Prendesi poscia un vase qualunque, più alto che largo (un vaso da mostarda, di faenza, o un bicchiere grande da bere sono sufficientissimi al bisogno); vi s'introduce la calcina riempiendolo fino ai due terzi, o ai tre quarti; lo si batte col fondo sulla palma della mano, o su d'un ceppo, affinchè la pasta si rassetti e si spiani superiormente; si ha cura di porvi la cartella, e senza indugiare s'immerge il tutto, notando l'ora e il giorno della immersione.

Studiando successivamente, per lo spazio di quattordici anni, le più notabili calcine del regno, in questo modo trattate, si è giunto a classificarle in cinque categorie, distinte con le seguenti denominazioni (3).

1.° Le calci grasse. 2.° Le calci magre. 3.° Le calci mezzanamente idrauliche. 4.° Le calci idrauliche. 5.° Le calci eminentemente idrauliche.

Le calci grasse sono quelle che con l'estinzione al modo usuale possono più che raddoppiare di volume; che dopo più anni d'immersione hanno tuttavia lo stesso grado di consistenza, o quasi lo stesso che nel primo giorno, e che si dissolvono fino all'ultima particella in un'acqua pura e frequentemente rinnovata.

Le calci magre sono quelle che nell'estinzione non aumentano, che poco di volume, o niente affatto, e che nel resto procedono dentro l'acqua presso a poco come le calci grasse, con la differenza per altro, ch'esse non vi si dissolvono totalmente, ma lasciano un residuo senza consistenza.

Le calci mezzanamente idrauliche fanno presa dopo quindici o venti giorni d'immersione, e continuano ad assodarsi; ma con una progressione sempre più lenta, segnatamente dopo il sesto o l'ottavo

mese; a capo d'un'anno la loro consistenza è come quella del sapone duro. Elleno dissolvonsi eziandio entro un'acqua pura, ma molto difficilmente. Il loro aumento di volume è variabile; esso raggiugne talvolta il limite delle calcine magre, ma giammai esso si eleva a quello delle calcine grasse.

Le calci idrauliche fanno presa dopo sei od otto giorni d'immersione, e continuano ad assolidarsi; il progresso dell'assodamento si può estendere fino al duodecimo mese, come che la maggior parte di esso alla fine di sei mesi sia compìto. A quest'epoca, la durezza della calcina è paragonabile a quella d'una pietra molto tenera, e l'acqua non le nuoce più. Il suo accrescimento di volume è costantemente tenue, siccome quello della calce magra.

Le calci eminentemente idrauliche fanno presa dal secondo al quarto giorno d'immersione. Al termine di un mese sono di già molto dure, ed affatto insolubili. Al sesto mese elleno si comportano come la pietra calcarea assorbente, la cui superficie è lavorabile con la martellina; danno schegge, se son percosse, ed offrono una frattura scagliosa. L'aumento del volume è costantemente tenue come quello delle calci magre.

Del resto le calci grasse, le magre e le idrauliche di ogni grado, possono essere bianche, bigie, fulve, rosse ec. (4).

Intendesi da noi che una calcina ha fatto presa, quand'ella sopporta senza depressione un ferro da lavorar maglie, di m. 0,0012 di diametro, limato in piano alla sua estremità, e gravato d'un peso di chil. 0,30. In questo stato la calcina resiste al dito spinto dalla forza media del braccio: essa non puole omai cangiar di forma senza spezzarsi.

L'esame chimico delle pietre che somministrano le diverse calcine delle precedenti categorie, addimostra in un modo generale, che:

I.° Danno calcine grasse: 1.° Le calcaree pure, ovvero semplicemente commiste alla silice, allumina, magnesia, ferro ec., da uno a sei centesimi, prese separamente, o due a due, o tre a tre, ec. 2.° Le calcaree semplicemente bituminose o fetide.

II.° Danno calcine magre: Le calcaree miste con silice in istato

di sabbia, con magnesia, e con ferro e manganese ossidati, in proporzioni rispettive variabili, ma limitate fra quindici e trenta centesimi per la totalità, vuoi che codeste sostanze vi esistano separatamente, o due a due, o tre a tre, o tutte insieme.

III.° Danno calcine mezzanamente idrauliche: Le calcaree commiste all'argilla, alla magnesia, al ferro ed al manganese, in proporzioni rispettive variabili, ma limitate per la totalità fra otto e dodici centesimi; potendovi non pertanto la magnesia, ed il ferro ed il manganese ossidati, ritrovarvisi isolatamente o due a due, o tre a tre ec., o mancar del tutto.

IV.° Danno calcine idrauliche: Le calcaree frammiste di silice, allumina, magnesia, ferro e manganese, in proporzioni rispettive variabili, limitate per la totalità fra quindici e diciotto centesimi, e tali daltronde che la silice sempre vi predomini; sia che le altre sostanze vi stieno isolatamente, sia che vi si trovino due a due, ec.; il ferro, il manganese e la magnesia possono mancare affatto.

V.° Danno calcine eminentemente idrauliche: Le calcaree commiste alla silice, allumina, magnesia, ferro e manganese in proporzioni rispettive variabili, ma ordinariamente limitate per la totalità fra i venti ed i venticinque centesimi, dominandovi sempre la silice al segno di costituire talvolta essa sola più della metà dell'insieme, e potendo le altre sostanze non trovarvisi che isolatamente, o due a due, o tre a tre, ec.; è assai raro che vi si trovino tutte. La magnesia, e massime il manganese, mancano sovente.

Nello attuale stato delle nostre cognizioni sulle calcine, non è dato affermare se esistano tali proporzioni di sola silice, o di silice ed allumina, o di silice e magnesia, ec., ec., che intimamente commiste ad una medesima quantità di materia calcarea, possano produrre delle pietre da calcina di uguale energia. Ma ciò che v'ha di sicuro, e che giova ritenere, gli è, che non esiste calcina perfettamente idraulica senza silice, e che tutte le calcine che possono per tali qualificarsi, chimicamente trattate, danno una certa quantità di argilla contenente silice ed allumina, in quelle medesime proporzioni che costituiscono le argille comuni, (5).

Da ciò che precede è manifesto, come agevolmente ed in breve ora si possa una pietra da calcina grassa riconoscere, dissolvendone tre a quattro grammi in dell'acido nitrico o muriatico allungato. Se non rimane residuo alcuno insolubile, o se tenuissimo è tal residuo, è inutile spingere più oltre l'esperimento; nel caso contrario, per classificare la pietra, fa duopo ridurla in calcina, e procedere siccome dianzi è detto. Basta allora misurare con esattezza il tempo che la calcina impiega a far presa, per assegnarle approssimativamente il suo luogo graduale.

Venticinque anni addietro appena si conoscevano in Francia una dozzina di luoghi che somministravano calcine idrauliche, ed al presente non si possono enumerare; io ne ho rinvenuta dovunque mi fu commesso di ricercarne, non esclusa la Brettagna. I dipartimenti del Lot, di Lot e Garonne, del Tarn, della Dordogne, della Charente, del Cher, dell'Allier, della Nièvre, dell'Yonne, della Côte-d'-Or, dell'Ain, dell'Isère, del Jura, del Doubs, dell'Haut-Rhin, ec., ne sono provvisti a dovizia.

CAPO II.

Cuocimento in grande delle pietre calcaree.

La pietra calcarea addiviene calcina allorchè è spoglia del suo acido carbonico, e dell'acqua che racchiudeva, sia igrometricamente, sia intimamente. L'agente che si adopera per ottenere questo effetto è il fuoco (6).

A fuoco uguale, tanto la cottura si opera meglio e più presto, quanto meno compatta è la testura della pietra, più piccolo è il volume cui essa è stata ridotta, e s'ella è impregnata d'una certa umidità (7).

Il contatto dell'aria non è indispensabile; ma essa esercita, segnatamente sulla calcarea argillosa, una benigna influenza. Niuna pietra, del resto, puossi trasformare in calcina dentro un vase chiuso in guisa che si renda impossibile lo svolgimento del gas acido carbonico (8).

*

La calcarea pura, o quasi pura, sostiene senza inconveniente il fuoco bianco; per l'opposto, la calcarea mista nelle debite proporzioni per dare una calcina idraulica, o eminentemente idraulica, si vetrifica facilmente. Il suo cuocimento esige delle precauzioni: il fuoco non debbe oltrepassare il rosso ordinario, e si supplisce all'intensità colla durata.

La calcarea mista, soverchiamente cotta, è pesante, compatta, nericcia e coverta di una specie di smalto, segnatamente negli angoli; è molto pigra allo spegnersi e produce una calcina carbonata senza energia; talvolta anzi non si smorza, ma dopo più giorni di esposizione all'aere ella si risolve in una polvere affatto inerte.

La calcarea sì pura che mista, non perfettamente cotta, o non si estingue, o si estingue in parte, lasciando un nocciuolo solido, ch'è una specie di sotto-carbonato con eccesso di base, delle proprietà del quale a suo tempo si terrà discorso (9).

Il cuocimento delle calcaree costituisce l'arte del fornaciaio; il combustibile che si adopera è, secondo le località, il grosso legname, il legname minuto, l'eriche, la torba o il carbon fossile.

Tornerebbe inutile insieme e fastidioso il descrivere quì tutte le fornaci da calcina proposte o saggiate da alcuni anni a questa parte. Ci limiteremo a dire che le forme più generalmente usitate per le pareti interne sono le seguenti: 1.° Prisma retto rettangolare (Tav. I. fig. 1). 2.° Cilindro (Tav. I, fig. 2). 3.° Cilindro sovrastato da un cono retto tronco alla cima (Tav. I, fig. 3). 4.° Cono retto tronco capovolto (Tav. I, fig. 4) 5.° Ellissoide di rivoluzione diversamente conformato, ovvero ovoide (Tav. I, fig. 4, 7 e 8).

Le fornaci rettangolari sono usitate nel Nivernais e nel mezzogiorno della Francia; vi si cuocono simultaneamente le calcaree e i laterizi. La pietra calcarea occupa presso a poco la metà sottoposta della interna capacità; la metà superiore si riempie di mattoni, o di tegole stivate e poste di costa.

Le fornaci cilindriche si costruiscono precipuamente in occasione di lavori che in poco tempo richiedono un gran consumo di calcina. Vengono chiamate fornaci di campagna; la loro costruzione è spedi-

tiva ed economica, ma precaria: su d'una volta si erge in forma di torre un alto massiccio di pietra calcarea, il quale avviluppasi d'una tunica di terra battuta, mantenuta esteriormente da un grossolano graticcio, nel quale si ha cura di lasciare un' apertura per introdurre il fuoco sotto la volta.

Le fornaci della terza specie si costruiscono in modo solido e duraturo, come le quadrangolari; non vi si cuocono laterizi; le più grosse pietre occupano la capacità cilindrica inferiore; le schegge ed i ritagli si allogano nel cono superiore.

Le fornaci della quarta e quinta specie, sono particolarmente destinate ad ardere col carbon fossile.

La parete interna d'una fornace da calcina si suole costruire di mattoni o d'altro materiale inalterabile al fuoco, ricoperto d'una miscela di sabbia e d'argilla refrattaria stemperata, della spessezza di trentadue a quaranta centimetri.

Nelle fornaci alimentate con legna o con eriche, che producono una lunga vampa, la catasta gravita sempre sopra una o due volte costruite a secco con gli stessi materiali che si cuocono; si accende in fondo di tali volte un piccolo fuoco, che dipoi si accresce gradatamente, rinculandolo a misura che la corrente (*tirage*) (*) si stabilisce ed acquista vigore. Giunto alla soglia, si regola opportunamente l'apertura o bocca, la quale si mantiene quindi costantemente piena di combustibile. L'aria che vi si caccia, spinge la fiamma su tutt'i punti delle volte; essa s'insinua per gl' interstizî, ed arreca ben tosto da uno strato all' altro l'arroventamento fin nelle più alte regioni.

Ci ha delle pietre le quali al fuoco, come che ei sia ben governato, scuotonsi e si scheggiano con fragore; non si può di tali pietre costruire la volta ed i piedritti della catasta, senza correre il rischio di perdere l' infornata; si scelgono allora a tal' uopo, de' materiali scevri di quell'inconveniente.

(*) Dicono i francesi che il *tirage* siasi stabilito, alloraquando la vampa non più esce per la bocca della fornace, ma facendosi strada pei vacui della volta, e quindi di tutta la massa, sorge verticalmente per l'apertura superiore della fornace medesima.

La sola abitudine puol' indicare il tempo necessario per la cottura. Molte sono le circostanze che possono farlo variare, come sarebbero la qualità delle legna più o meno verdi, più o meno secche; la direzione del vento, favorevole o contraria alla corrente, ec. I fornaciai sogliono prender norma dal rassettamento generale della catasta, che varia dal $\frac{1}{5}$ al $\frac{1}{6}$. In una fornace di sessanta a sessantacinque metri cubici di capacità, il fuoco dura da cento a cencinquanta ore; ciascun metro cubo di calce consuma (termine medio) di legname grosso $1^{st.},66^{c.}$, di legname minuto $22^{st.},00^{c.}$, di fastelli di ginestre o di altri cespugli 30 steri (10). (*)

Nelle fornaci alimentate da carbon fossile, la pietra ed il combustibile sono meschiati; di tutt' i metodi di calcinazione, questo certamente è il più capriccioso ed il più difficile, massime quando lo si usa per le calcaree argillose. Una semplice mutazione nella direzione o nella intensità del vento, qualche guasto nella parete interna della fornace, una troppo sensibile disuguaglianza nella grossezza delle pietre, sono altrettante cagioni che ritardano o accelerano la corrente, e producono de' moti irregolari nel calo de' materiali; i quali spingonsi a vicenda, forman volta e piombano, ora il carbone, ed or la pietra su d' un medesimo punto: quindi l'eccesso o il difetto di cottura.

Taluna fiata una fornace fa perfettamente il suo ufizio per più settimane, ed indi in un subito si dissesta, senza che se ne possa assegnare la cagione; una semplice alterazione nella qualità del carbone basta per indurre in fallo il più esercitato fornaciaio; in una parola, la calcinazione col carbon fossile a fuoco continuato, è un'operazione che si fa a tentoni e che richiede dell'abitudine (11).

La capacità d' una fornace influisce del pari che la sua forma ad una uniforme e buona cottura; vi sono dei limiti i quali essa non può oltrepassare senza che s'incorra in gravi inconvenienti. A (Tav. I. fig. 5, 6, 7 ed 8) abbiamo delineate, come modelli di buone e di cattive forme, le sezioni di quattro fornaci eseguite e saggiate nel dipartimento di Maine e Loire dai SS. fratelli Ollivier, fabbricanti di

(*) Lo stero, ossia il metro cubo, pareggia pal. cub. 54, 35.

calcina idraulica; il n.° 5 è stato abbandonato perchè dava sempre una calcina o troppo, o poco cotta; il n.° 6 calcinava mediocremente; i n.i 7 ed 8 agivano perfettamente (12).

Il volume di carbon fossile che si arde per produrre un metro cubo di calcina, varia necessariamente a seconda della durezza della pietra che si calcina, ma fra vicini limiti; sempre che non si tratti di crete o di marne friabili, per un computo medio, si consuma un metro cubo di carbon fossile per ogni tre metri cubici di calcina.

La calcinazione delle pietre calcaree offre tuttavia d'importanti problemi a risolvere; ma le meditazioni di gabinetto saranno mai sempre insufficienti senza il soccorso dell'esperienza. Egli è per ciò che ci siam rimasti dal discutere quì una quantità di concetti più o meno ingegnosi, ma meramente teoretici. Ciò non pertanto invitiamo il leggitore a consultare le note; ei vi troverà delle particolarità che giova conoscere, quando si è specialmente dedito alla fabbricazione delle calcine (13).

CAPO III.

Delle calcine idrauliche artifiziali.

Dieci anni sono scorsi dopo la pubblicazione delle mie prime investigazioni su questo particolare, e di già le calcine artifiziali sono state adoperate in un gran numero d'importanti costruzioni: pei canali Saint-Martin e di Saint-Maur se n'è fatto un'uso quasi che esclusivo; al porto di Tolone se ne sono impiegati circa mille metri cubici nello spazio di cinque anni; queste calcine han servito alla fabbricazione dello smalto delle fondazioni di parecchi ponti, ed il consumo che se ne fa in Parigi e nei dintorni, di giorno in giorno addivien maggiore (14).

Non più dunque di sperimenti di laboratorio è ora mestieri occuparsi, bensì d'un'arte novella, già vicina alla sua ultima perfezione.

Le calcine idrauliche artefatte si fabbricano in due modi: il più perfetto ma il più costoso ancora, consiste in mescere con la calcina

grassa smorzata in qualsivoglia maniera, una certa dose di argilla, ed in far cuocere la miscela; e questa è ciò che addimandasi calcina artifiziale a doppia cottura.

Col secondo metodo si sostituiscono alla calce delle sostanze calcaree molto tenere (come la calcarea grafica, o i tufi per esempio), facili a molirsi ed a ridursi in pasta con l'acqua. Si ottiene da esso una grande economia, ma anche forse una calcina artifiziale di qualità un poco inferiore di quella che si ricava col primo metodo, a cagione della meno perfetta miscela. Ed è invero impossibile ridurre le sostanze calcaree allo stesso grado di tenuità della calcina spenta, senz'altro sussidio di quello degli agenti meccanici: ciò non pertanto questa seconda maniera è la più generalmente usitata, ed i risultamenti che se ne ottengono addivengono sempre più soddisfacenti (15) (*).

Egli è chiaro che le proporzioni essendo arbitrarie, si può infondere nella calcina artefatta quel grado di energia che si desidera, ed uguagliare o superare a piacimento le calcine idrauliche naturali.

Si prendono ordinariamente venti parti di argilla asciutta per ottanta di calce molto grassa, o per centoquaranta di calce carbonata. Ma se la calce od il carbonato sono naturalmente alquanto misti, quindici parti di argilla basteranno. È bene del resto determinare le proporzioni per ciascuna località; e nel vero, le argille non si somiglian tutte così fattamente che le si possano considerare come identiche. Le più fine e le più dolci sono le migliori.

A Meudon, presso Parigi, esiste una fabbrica di calcina artefatta, impiantata dai SS. Brian e Saint-Léger: le materie di cui si fa uso sono la calcarea grafica (*craie*) del luogo, e l'argilla di Vaugirard, le quali si frantumano primieramente in pezzi della grandezza del pugno. Una mola situata di costa riceve, mediante una robusta ruota a quarti e raggi, invariabilmente legata ad un sistema d'ingranaggio, il movimento dentro un bacino circolare di due metri circa di raggio, da un vette cui sono applicati due cavalli. Nel centro del

(*) Le calcine idrauliche artefatte fabbricate a Meudon sotto la mia direzione dai SS. Brian e Saint-Léger, ottennero la medaglia d'oro al concorso de' prodotti dell'industria del 1827.

bacino è un dado di fabbrica nel quale s'aggira il ritto verticale a cui il sistema è raccomandato; in questo bacino si fa venir l'acqua aprendo una chiave, ed in esso si gettano successivamente quattro misure di carbonato ed una di argilla. Dopo un'ora e mezzo di molitura si ottiene circa m. c. 1,50 di una poltiglia liquida, la quale si evacua per un canaletto orizzontale praticato nello stesso livello del fondo del bacino.

La materia si reca da sè stessa in una prima fossa, cui ne succede una seconda, indi una terza, e così via via fino alla quarta o alla quinta. Queste fosse si comunicano fra loro dall'alto. Quando la prima è colma, la nuova poltiglia che arriva, e l'acqua sovresso galleggiante, colano nella seconda, dalla seconda nella terza, e così di seguito infino all'ultima, la quale decanta le sue acque chiare in uno scaricatore. Altre fosse, a scaglioni come le precedenti, ricevono i nuovi prodotti della macinazione, intanto che la materia acquista nelle prime la consistenza necessaria per farne getto. Quanto meno le fosse sono profonde rispetto alla loro superficie, tanto più sollecitamente si ottiene la consistenza suddetta.

Allora mediante uno stampo si suddivide la pasta in solidi di figura regolare. Questo lavoro si eseguisce celeremente. Un formellatore a staglio, fa coacervatamente cinquemila prismi al giorno, i quali compongono circa sei metri. Si dispongono questi prismi su dei prosciugatoi, ed ivi in poco di tempo acquistano il grado di essiccazione e di durezza opportuno per la cottura. Questa si può eseguire con uno qualunque dei metodi descritti nel precedente capitolo. A Parigi si fa uso di coke mescolato col carbon fossile, e del metodo consueto di calcinazione a fuoco continuo, richiesto da questa specie di combustibile.

Le calcine idrauliche artefatte sono destinate a supplire le naturali, ne' luoghi dove le calcaree argillose mancano assolutamente. Esse vendonsi a Parigi da settanta a settantaquattro franchi per metro cubo. In provincia quelle di doppia cottura importano quaranta franchi, *prezzo medio*, e non possono valere più che trenta, quando risultano dalla semplice miscela del carbonato e dell'argilla (16).

4

CAPO IV.

Della estinzione della calce.

PRIMA MANIERA.

La calce viva, presa all'uscir della fornace, e gettata dentro una opportuna quantità d'acqua, si fende con istrepito, si gonfia, produce un considerevole sviluppo di vapori cocenti (questi fenomeni possono essere più o meno sensibili), debolmente caustici (17) e si fonde in una polta densa; in tale stato si chiama indifferentemente *calcina liquefatta, o calcina spenta.*

Questo metodo è il più usitato; ma stranamente di esso si abusa, riducendo la calcina a consistenza di latte in una vasca particolare, di dove essa cola in una grande fossa: in tal modo allagata, essa perde la maggior parte delle sue qualità *ferrumentarie.*

Le calcine grasse in pasta molto densa, raddoppiano o triplano di volume. Le calcine magre, la più parte delle calcine idrauliche e tutte le eminentemente idrauliche non aumentano, nelle stesse circostanze, il loro volume, che di un quarto o di una metà al più del volume primitivo.

La calce grassa, nel momento dell'estinzione ordinaria, crepita alcuna volta all'asciutto, in qualche punto del bacino, dove l'acqua no ha potuto giungere che in poca quantità. Se improvvisamente si lancia della nuova acqua su quelle parti che in cotal modo si fondono, producesi un cigolio simile a quello d'un ferro rovente che si tuffa, ed è a notare che la calce, sorpresa da questa subitanea aspersione, si discioglie di poi assai male e rimane granosa. E l'effetto è tanto più sensibile, quanto più l'acqua gettata è fredda, segnatamente sulle calci molto grasse. Quando si vuol'avere una calcina estinta finissima (per imbiancamenti di muri per esempio), fa duopo mettere fin dal principio abbastanza d'acqua, sì che non abbisogni di rifonderne nel momento dell'effervescenza; ovvero avviarla bel bello vicino alle

parti asciutte, le quali se l'appropriano spontaneamente per assorbimento (18).

Ogni calce che si lascia sventare addiviene pigra e lenta allo spegnersi; questo fatto è principalmente notabile nelle calcine idrauliche, le quali finiscono in tal caso per risolversi nell'acqua senza altro manifestare che un lieve sviluppo di calore.

SECONDA MANIERA.

La calce viva immersa nell'acqua per alcuni secondi, e tratta fuori prima che cominci a fondersi, sibila, scoppia con fragore, esala vapori cocenti (questi fenomeni possono essere più o meno sensibili), e si discioglie in polvere. Dicesi allora estinta per immersione. Essa può conservarsi lungo tempo in questo stato, purchè sia difesa dall'umidità. Ella non si riscalda più quando si stempera (19).

Cento parti di calcina grassa spenta così, non assorbono coacervatamente più di diciotto parti d'acqua, laddove le calcine idrauliche ne ritengono da venti a trentacinque: questo fatto ha luogo in un senso inverso di ciò che avviene nell'estinzione ordinaria.

Le calci molto grasse, frante grossolanamente, se dopo l'immersione si lasciano crepitare su d'un aia, difficilmente si riducono in polvere molto tenue. Più della metà resta allora in piccoli frantumi della grandezza d'un pisello; e questi frantumi, una volta raffreddi, possono stare lungamente nell'acqua senza disciogliersi. Si evita questo inconveniente frantumando la calce viva, in pezzi della grandezza di una grossa noce prima d'immergerla; e più di tutto accumulandola immediatamente dopo l'immersione entro botti o dentro grandi casse; il calore resta allora concentrato; gran parte dell'acqua evaporata nel primo istante, non trovando uscita, è ripresa dalla stessa calcina, la quale perviene così a suddividersi in modo soddisfacente.

Un volume di calce grassa viva, misurata in polvere, non rende altro che da 1,50 a 1,70 di polvere spenta ma non rassettata.

Le calcine idrauliche nelle medesime circostanze rendono da 1,80 a 2,18.

TERZA MANIERA.

La calce viva esposta all'azione lenta e continua dell'atmosfera, si riduce in finissima polvere. Durante questa estinzione naturale, ha luogo un lieve sviluppo di calore, ma senza vapori visibili.

Le calcine grasse aumentano di $\frac{2}{5}$ nel peso, e rendono in volume fino a 3,52 per uno (misurato in polvere viva). Le calcine idrauliche non sorbiscono coacervatamente che $\frac{1}{8}$ d'acqua, e rendono in volume da 1,75 a 2,55 (le polveri sono misurate prima del rassetto). Per ottenere questi resultati fa duopo cogliere il momento in cui la riduzione è compiuta, e non operare in un'atmosfera troppo umida.

Fra i tre modi di estinzione, l'ordinario è quello che polverizza meglio le calcine grasse e le idrauliche di tutt'i gradi, e che però produce il maggiore aumento di volume; in secondo luogo, e nello stesso riguardo, l'estinzione spontanea conviene meglio alle calcine grasse che alle idrauliche ed eminentemente idrauliche, e *viceversa* per l'estinzione per immersione (20).

Da tali differenze segue che tre volumi uguali d'una calcina qualunque in pasta e della medesima consistenza, ma smorzata con metodi diversi, non racchiudono nè la stessa quantità di calce, nè la stessa quantità di acqua (21).

Ogni calce viva esposta al contatto dell'aria in un sito coverto, riprende insensibilmente tutto l'acido carbonico, ch'è necessario a saturarla; il tempo ch'essa impiega in questa operazione varia a tenore della natura e del volume della calce. S'ella è grassa dieci mesi sono bastevoli, purchè la sia disposta per istrati della spessezza di m. 0,02 soltanto. Centonovantuno parti di essa contengono dopo questo lasso di tempo, cioè: calce viva 100; acido carbonico 74, acqua 17. S'è idraulica, essa compie, nelle medesime circostanze, la sua operazione dal settimo all'ottavo mese. Centosessantanove parti di essa contengono, a quell'epoca, cioè: calce viva combinata con $\frac{1}{5}$ d'argilla 100; acido carbonico 54; ed acqua 15.

Ogni calcina da prima spenta per immersione ed indi esposta al contatto dell'aria in un luogo coverto, si carica progressivamente di acido carbonico e di acqua, senza pertanto oltrepassare un certo limite: la quantità dell' assorbimento, ed il tempo impiegato, variano con la natura delle calci.

Centosessanta parti di calcina grassa così estinta, contengono a capo di sette mesi e mezzo di esposizione (come dianzi si disse), cioè: calce viva 100; acido carbonico 36,15; acqua 23,85.

Centosessantanove parti di calcina idraulica, nelle medesime circostanze racchiudono, cioè: calce viva con $\frac{1}{5}$ d'argilla, 100; acido carbonico, 16; acqua, 25.

Il peso delle polveri, dopo l' epoca indicata, non si aumenta più sensibilmente; la bilancia non annunzia che delle variazioni igrometriche, talora positive e talaltra negative. L' acqua con la quale si distemprano queste polveri, ne discioglie ciò non pertanto una piccola quantità.

La conseguenza evidente di questi ulteriori risultamenti, è che l' immersione istantanea toglie per sempre alle calcine grasse ed idrauliche la facoltà di riprendere, mediante un lungo soggiorno nell'aria, la quantità di acido carbonico che avevano perduta con la calcinazione.

Le calcine grasse smorzate col metodo ordinario, si conservano nelle officine, ponendole entro fosse poco permeabili, che ricopronsi con trenta a quaranta centimetri di sabbia o di terra fresca (22). Quelle poi estinte per immersione, o spontaneamente, si mantengono senza alterarsi per un tempo assai lungo, sia dentro botti, sia sotto tettoie, dentro grandi casse ricoverte di tele o di paglia (23).

Le calcine idrauliche dopo breve tempo s' induriscono nelle fosse (24); si giugne a conservarle lungamente, e soprattutto a farle viaggiare senza che molto sensibilmente si alterino, nel solo caso che si smorzino per immersione, e si rinchiudano, in questo stato entro delle botti o dei sacchi di tela; la si può per altro conservar viva per cinque o sei mesi in una considerevole quantità, operando come appresso.

Se ne distende uno strato di quindici a venti centimetri di altezza,

ridotta in polvere per immersione, sul suolo delle tettoie dove si ripone la provvista; su di questo strato si accatasta la calce vergine stivandola quanto è possibile: in mancanza di grandi casse si termina a scarpa il giro del monzicchio e si ricopre d'un altro strato di calcina, presa immediatamente dopo aver subìto l'immersione; questa, nel ridursi in polvere, colma gl'interstizî della calce vergine e l'inviluppa in modo da garantirla dall'aria e dall'umido (26).

CAPO V.

Degl'idrati di calce (27), ovvero corpi solidi risultanti dalla semplice combinazione dell'acqua con la calce.

Lo studio di questi corpi non sarebbe di gran pro, se per le sue conseguenze, non si collegasse co' fatti più importanti della storia delle malte.

Parecchi saggi preliminari han fatto conoscere che la quantità d'acqua impiegata nello smorzamento della calce, esercita grande influenza sulla durezza dell'idrato che si produce; lo che è chiaro: per difetto d'acqua la materia non lievita; l'eccesso la diluisce, ed essa riman leggiera porosa e fragile, se durante l'essiccazione non si restrigne convenientemente. Lo gesso impastato chiaro o denso, offre un notabile esempio di questa verità.

La consistenza pastosa che mena alla maggior durezza è duttile e tenace insieme. Noi la diciamo argillosa, perciocchè realmente a quella dell'argilla in istato di esser adoprata per la stoviglieria, meglio che a qualunque altra ella puossi assimilare. Ed è appunto codesta la consistenza che ne siamo studiati di conferire agl'idrati, che han servito ai nostri sperimenti.

Azione dell'aria sugl'idrati.

Diverse calcine, nel suddetto modo preparate, ed esposte per un anno, nella forma di prismi rettangolari, all'azione dell'aere, han dato luogo alle seguenti osservazioni:

1.° L'acido carbonico sparso nell'atmosfera si combina con gl'idrati e vi si fissa insensibilmente, propagandosi dalla superficie al centro. La spessezza delle parti carbonate, dopo un anno, non oltrepassa i sei millimetri per le calcine idrauliche, ed i due o tre per le grasse; della qual cosa si può aver certezza, praticando sui prismi, in diversi sensi, delle sezioni mercè d'una piccola sega a molla; si scorgono sulle calcine colorate, degli strati superficiali, che distinguonsi dal nucleo per una tinta più scura; questa tinta è dovuta all'ossidazione del ferro. Nulla di consimile apparisce sugl'idrati di calce bianca; ma applicando della carta reattiva, leggermente umettata, sulle sezioni, tosto si rende manifesto il progresso della parte carbonata.

L'annuale avanzamento dell'acido carbonico va poi scemando con rapidità; ed in vero, quanto più si aumenta la distanza della parte che si altera dalla superficie, tanto maggiori sono le difficoltà che prova il principio rigeneratore per recarvisi. Cotali difficoltà variano altresì a tenore delle circostanze e della tessitura più o meno unita delle superficie (28).

2.° La durezza acquistata dagl'idrati varia col modo di estinzione che si è usato: i tre metodi addotti, prendono per le calcine grasse il seguente ordine di preminenza:

1.° Estinzione ordinaria; 2.° estinzione spontanea; 3.° estinzione per immersione. Per le calcine idrauliche ed eminentemente idrauliche poi, l'ordine si cangia come appresso:

1.° Estinzione ordinaria; 2.° estinzione per immersione; 3.° estinzione spontanea.

Richiamando ciò che fu detto nel cap. IV, non si durerà pena a riconoscere, che per ciascuna specie di calcina, l'ordine delle durezze è assolutamente quello stesso dell'aumento di volume; quanto

a dire, che il metodo il quale polverizza meglio la calce, è quello eziandio che induce negl' idrati una forza maggiore; risultamento analogo al principio: che la forza di coesione d'un composto debb'essere in ragione della tenuità delle parti, perciocchè elle possono allora costituirsi in un più intimo contatto.

Consultando le tabelle dove le sperienze sono registrate, di leggieri si deducono le seguenti conclusioni, che sono come il compimento delle osservazioni precedenti:

1.° Alcune calcine grassissime e non colorite possono formare per lo solo concorso dell'acqua, de' corpi duri quanto lo sono moltissime pietre naturali.

2.° L'acido carbonico sparso nell'atmosfera, aumenta col tempo la durezza di que' corpi sui quali perviene a stabilirsi.

3. Le calcine idrauliche di ogni energia, massime quelle che sono molto colorate dal ferro, non danno, pel solo concorso dell'acqua, che de' corpi leggieri e di mediocre durezza.

4.° L'acido carbonico ne accresce bensì la durezza, ma giammai al segno che possano uguagliare gl'idrati di calcine grasse e bianche.

AZIONE DELL'ACQUA SUGL'IDRATI.

L'acqua dissolve le parti non carbonate degl' idrati di calcina grassa, quale che ne sia la coesione.

Se mediante i noti tre metodi di estinzione, si ricavano da una medesima calcina grassa tre idrati d'una consistenza soda e perfettamente uguale, e s'immergono immediatamente in un'acqua pura, esse ne sorbiranno, per un tempo determinato, e diverso per ciascuno di loro, una certa quantità quì sotto specificata, cioè:

Per mille parti d'idrato ottenuto col primo metodo, quaranta parti d'acqua dopo un mese, limite di saturazione.

Per mille parti d'idrato ottenuto col secondo metodo, cento e otto parti d'acqua dopo un mese e mezzo, limite di saturazione.

Il termine dell'assorbimento è relativo alla massa dell'idrato immerso; quando si pone la materia di sperimento in un vase imper-

meabile, e tale che un piccolissimo volume d' acqua basti a ricoprirla, allora la calce disciolta di cui deesi prender conto non è che una tenuissima frazione della totalità dell' idrato.

Egli risulta evidentemente dalle precedenti comparazioni, che il minore accrescimento di volume, derivante nelle calcine grasse dall' uso del secondo e del terzo metodo di estinzione, permette a queste stesse calcine di ridursi in pasta a prima giunta, con una quantità d' acqua molto minore di quella di cui han duopo per raggiugnere il limite della loro saturazione; ma si vede altresì che conservano la facoltà di completare la dose con un' operazione interna e successiva, senza tuttavolta che altro vi accada, se non un accrescimento di densità, e quindi di durezza; poichè alla fine dell' operazione di cui si ragiona, non si scorge alcun visibile aumento di volume.

Questa osservazione è importantissima; non mancheremo di rammentarla al bisogno.

Nel capo primo si fece parola degl' idrati di calcina idraulica immersi nello stato di pasta, e della durezza che acquistano per effetto dell' immersione. Rimane a dirsi, che il metodo di estinzione esercita su tal durezza, e sul tempo in cui elleno fan presa, un' influenza tanto maggiore, quanto meno energiche elle sono. L' ordine di precedenza de' tre metodi non è costante; per le calcine mezzanamente idrauliche esso è il medesimo che per le grasse; e per le idrauliche ed eminentemente idrauliche, si mantiene qual' è stato fissato trattandosi dell' azione dell' aria.

Gl' idrati di calcine idrauliche ed eminentemente idrauliche, immersi nello stato di pasta molto molle, discacciano parte dell' acqua esuberante che contengono e si assodano; nello stato poi di pasta molto fissa, ne assorbiscono invece una nuova quantità, si assolidano più presto, e pervengono in prosieguo ad un grado di durezza che la calcina molle immersa non raggiugne mai.

Qualunque calcina idraulica indurita all' aere e quindi immersa nell' acqua, vi resta immune, nè visibilmente se ne dissolve parte alcuna.

L'arte non può ritrarre gran profitto dagl'idrati di calcine grasse (29); la principale difficoltà consiste nel restringimento che subisce la ma-

teria, indurendosi all' aere, segnatamente quando è stata spenta col metodo ordinario. Se di essa si foggiano de' prismi non maggiori di un piccolissimo mattone, e si pongono liberamente su d' un aia alla quale non aderiscano, la materia si concentra senza ostacolo, e l'essiccamento e la lapidificazione si operano assai bene; si rivestono non pertanto i prismi d'una lieve efflorescenza, derivante dalle piccole porzioni della superficie, che non han potuto partecipare del movimento generale di restringimento. Ma dove le dimensioni si estendano e le forme si complichino, per modo che richiedano l'uso di stampi, allora la materia è restia, la pasta attaccasi alle pareti, le fenditure si manifestano e non si ottengono che frantumi. Il pigiamento è del tutto inutile.

Il restringimento è tanto maggiore quanto più per natura è grassa la calcina, e meglio siasi sviluppata nell' estinzione. Ma volendosi limitare a piccoli prismi, si potrebbero con poca spesa fabbricare con calcine grasse bianchissime, de' quadrelli, i quali essendo suscettivi di lavorìo e di pulimento, imiterebbono il bel marmo bianco, e potrebbero servire a diversi usi.

Le calcine idrauliche nello stato d' idrati non possono essere con buon successo adoperate che dentro terra, o dentro l' acqua, sia per arginare, sia per costruire a sacco. Ma non renderebbono elleno maggior pro della malta che si ottiene dalla loro miscela con la sabbia comune; per lo che saria un calcolare assai male, se non si profittasse di tal cognizione per raddoppiare almeno il volume della materia.

SEZIONE SECONDA.

CAPO VI.

Delle sostanze che concorrono, con la calcina, alla composizione delle malte o dei cementi calcarei.

Queste sostanze sono: 1.° Le sabbie propriamente dette. 2.° Le arene. 3.° Le psammite. 4.° Le argille. 5.° I prodotti vulcanici o pseudo-vulcanici. 6.° I prodotti artifiziali risultanti dalla calcinazione delle argille, delle arene e delle psammite e le scaglie e le scorie degli opificî, fucine, vetriere, ec.

Ingredienti delle malte.

SABBIE.

Le rocce granitiche, scistose, calcaree, le arenaree, ec., ec., ridotte nello stato di granellini duri e palpabili, sia per lo movimento delle acque, sia per una spontanea dissoluzione, danno origine alle diverse sabbie; si distinguono dalla polvere in ciò, che gettandole in un'acqua limpida, tosto precipitano senza visibilmente alterarne la trasparenza.

La dissoluzione delle rocce è sovente accompagnata da una decomposizione che genera una polvere. Questa polvere rende la sabbia grassa, ovvero, in altri termini, suscettiva di disciogliersi quando si distempera con l'acqua; ma ritrovasi in tale stato in quei siti soltanto in dove ella si forma: chè, dilavata dalle piove e dalle acque correnti, ella si libera bentosto delle parti polvescenti, ed arriva pura nel letto dei fiumi.

Siffatta purezza si altera generalmente presso alla foce de' grandi fiumi, e nelle piccole fiumane i cui rivi tributarî scorrono entro letti di argilla o di terra grassa: la sabbia vi s' impingua di avanzi vege-

tali, di sostanze animali e addiviene melmosa. Le parti costitutive della sabbia rappresentano fedelmente quelle delle rocce donde derivano; i terreni granitici forniscono il quarzo, il feldspato e la mica; i terreni vulcanici, le lave di ogni maniera. Le sabbie spianate e di particelle frali derivano dalle montagne scistose; esse difficilmente fanno un lungo tragitto, senza passare allo stato di polvere.

Le sabbie calcaree sono le meno ovvie; e ciò forse perchè vi ha pochi fiumi che non abbiano la loro sorgente sopra vette primitive, o composte di elementi primitivi. Daltronde le rocce calcaree non son mica suscettive di quella dissoluzione che ben potrebbesi dire granitica: se le son tenere, non danno che polveri; se dure, non producono che schegge.

Le rivoluzioni parziali e secondarie del globo sono state occasione d'immensi accumulamenti di sabbie, in luoghi dove oggidì non iscorrono nè ruscelli nè fiumi; son queste le sabbie fossili, le quali voglionsi distinguere dalle vergini che tuttora giacciono nel sito in cui furono formate e che non sono state elaborate dalle acque.

Le sabbie fossili offrono per l'ordinario de' granelli più angolosi che non quelle di mare e di fiume, ma del resto gli elementi sono gli stessi, talora puri, talaltra colorati dalle ocre, ec.

Fra le sabbie fossili ce ne ha una molto rimarchevole, ed è l'arena: le sue singolari proprietà le assegnano un luogo distinto nelle nostre categorie.

Ingredienti de' cementi.

ARENE.

L'arena è una sabbia generalmente quarzosa, di granelli irregolarissimi, disugualissimi e frammisti di argilla gialla, rossa, fosca e talvolta bianca, in proporzioni variabili fra 'l quarto ed i tre quarti del totale volume.

L'arena occupa quasi sempre le sommità delle colline arrotondite e di mezzana elevazione; talvolta compone essa sola intere colline;

sovente si frappone in grandi vene e filoni entro le crepacce delle rupi calcaree; ella appartiene essenzialmente ai terreni alluvionici (30).

PSAMMITE.

Sono così chiamate quelle mescolanze di granelli quarzosi, scistosi, di feldspato e di particelle di mica meccanicamente aggregate con un cemento variabile. Ne esiste un gran numero di specie; quelle che si confondono per le loro apparenze con le arenarie e con le brecce silicee, fan parte delle rocce, dalla cui dissoluzione derivano le sabbie propriamente dette. Ma le psammite scistose gialle, rosse o fosche, a granelli fini, untuosi al tatto, e formanti pasta argillosa con l'acqua, costituiscono una specie a parte che merita la nostra attenzione.

Desse appartengono ai terreni scistosi primordiali; non esistono nè possono esistere che nel sito della loro formazione, si trovano in banchi ed in vene, e formando parte dello scisto di cui non sono che una decomposione; il dipartimento del Finistère, nei dintorni di Carhoix e di Brest, ne offre a dovizia (31).

ARGILLE.

Le argille sono sostanze terrose, diversamente colorate, fine, dolci al tatto, che stempransi nell'acqua assai facilmente, e vi si riducono in una polta la quale, portata ad una certa consistenza è untuosa e tenace; si lascia distendere ed impastare per tutt'i sensi senza rompersi. La pasta argillosa essiccata conserva della solidità, s'indurisce al fuoco, ec.

Le argille si compongono essenzialmente di silice e di allumina; ma il più delle volte queste due sostanze sono contaminate dalla presenza del ferro ossidato, della calce carbonata, della magnesia del ferro solforato e di combustibili vegetabili in parte decomposti.

Le argille si distinguono in quattro classi, cioè: le argille apire, che resistono senza fondersi alla temperatura de' forni da porcellana (140.° Wedg.[d]); le argille fondibili; le argille effervescenti o marne

argillose; e le argille ocrose da ultimo colorate di rosso o di giallo puro dal ferro ossidato.

La sede delle argille è molto varia; si trovano in filoni fra i terreni primitivi; in colline al termine delle catene primitive; in banchi o strati orizzontali, nei terreni secondarî; fuse in vene ed in filoni dentro le crepacce e le cavità calcaree; finalmente nei terreni vulcanici. Quivi la loro formazione si attribuisce alla scomposizione delle lave compatte, e forse anche, con non minore verisimiglianza, ad eruzioni di loto.

Noi ci limiteremo a queste indicazioni sommarie, non parendoci che possa qui trovar luogo una storia mineralogica delle argille; il leggitore potrà ricorrere, abbisognando, all'eccellente articolo *Argilla* del Brongniart. (*Dizionario di Storia naturale*).

POZZOLANE NATURALI, O PRODOTTI VULCANICI E PSEUDO-VULCANICI.

La pozzolana propriamente detta è una sostanza vulcanica, polvescente, d'un rosso violaceo, cavata per la prima volta dai Romani, presso la Città di Pozzuoli, non molto lungi dal Vesuvio.

I dintorni di Roma ne forniscono del pari; il naturalista Faujas-de-Saint-Fond ne ha rinvenuta in Francia sui vulcani spenti del Vivarais; ci ha pochi terreni vulcanizzati che ne sieno sprovvisti. Ma ella si appresenta sotto sembianze fisiche svariatissime; talora polvescente, talaltra in grossi granelli, sovente in iscoria, pomici, tufi, ec. Il suo colore, generalmente fosco, inclina al giallo, al bigio ed al nero.

Nel seguito di questo libro sotto la denominazione di pozzolana s'intenderanno compresi, i prodotti pseudo-vulcanici dovuti alla combustione dei terreni carboniferi come tripoli, arenaree ed argille calcinate, ec.

Fra queste sostanze, alcune sembrano aver provato un fuoco attivissimo; altre non appaiono che lievemente arse; parecchie sono state di nuovo assalite e modificate dal fuoco, o alterate per l'opera d'una decomposizione spontanea lentissima. Questi cangiamenti sono stati causa d'una combinazione più o meno intima fra i principi costituenti, e quindi più o meno difficile ad esser vinta dagli agenti chimici.

Le pozzolane sono essenzialmente composte di silice ed allumina, unite ad un po' di calce, di potassa, di soda e di magnesia; il ferro vi si trova commisto meccanicamente nello stato magnetico.

L' istoria mineralogica delle pozzolane si potrà leggere nelle opere di Desmarest, di Faujas-de-Saint-Fond e di altri autori (32).

POZZOLANE ARTEFATTE.

In questa denominazione comprenderemo le argille, le arene, le psammite e gli scisti debitamente calcinati; le scorie di fucina, il residuo della combustione delle terre carbonifere, ed i rottami infine di tegole e di stoviglie.

Tal' è il quadro sommario delle sostanze che concorrono con la calcina alla formazione de' cementi calcarei; ma tutte cotali materie, abbenchè composte in generale di silice e di allumina, non si comportan punto nel medesimo modo; le une fanno buona lega con le calcine grasse, le altre con le calcine mezzanamente o eminentemente idrauliche; e di questi diversi composti, alcuni resistono bene all' aere, alle intemperie ed all' azione delle acque, altri non si conservano che in una immersione continua; alcuni perdono ogni coesione tosto che sono immersi, ec., ec.

Donde derivano siffatte differenze? Di questo appunto non possono render ragione nè l' indicazione nè la composizione chimica delle specie (semprechè si limitino ad assegnare il numero e le proporzioni dei princìpi costituenti), dappoichè sotto quest' ultimo riflesso, la più parte di esse sarebbero identiche.

CAPO VII.

Delle qualità delle diverse materie che concorrono, con la calcina, alla composizione delle malte o dei cementi calcarei.

1.° Chiameremo nel prosieguo *molto energica* ogni sostanza la quale, nello stato di consistenza argillosa, se si mescola con la calcina grassissima smorzata al metodo ordinario, produce un cemento o malta capace, 1.° di far presa dal primo al terzo giorno, dopo l'immersione; 2.° di acquistare a capo di un anno la durezza de' buoni laterizi; 3.° di dare una polvere asciutta sotto la sega a molla (piccola sega la cui lama è una molla di orologeria);

2.° *Semplicemente energica*, ogni sostanza la quale, nelle medesime circostanze di sopra, produrrà un cemento o malta capace, 1.° di far presa dal quarto all' ottavo giorno; 2.° di acquistare, dopo un' anno d' immersione, la durezza della pietra molto tenera; 3.° di dare una polvere umida sotto la sega a molla;

3.° *Poco energica*, ogni sostanza la quale, nelle medesime circostanze di sopra, produrrà un cemento o malta capace, 1.° di far presa dal decimo al ventesimo giorno; 2.° d' acquistare, dopo un'anno d' immersione, la durezza del sapone asciutto; 3.° d'imbrattare la sega.

4.° Diremo finalmente che una sostanza è *inerta*, quando la sua presenza, nelle opportune proporzioni, nella calcina grassa in pasta, non caugia il modo di procedere di questa calce quando è immersa nell' acqua senza miscela.

Nei primi tre casi, ciò che a rigore caratterizza la sostanza, è la durezza acquistata all' epoca indicata; poichè l' epoca in cui fa presa può taluna fiata allontanarsi dai limiti assegnati. Si conoscono in fatti alcuni cementi idraulici che fanno corpo dal secondo al terzo giorno, senza che mai possono raggiugnere la durezza della pietra tenera; ed altri per l'opposto, che addivengono durissimi abbenchè lenti nel principio.

Premesse queste definizioni, si stabilisce come risultamento di esperienza:

1.° Che le sabbie propriamente dette sono in generale materie inerti;

2.° Che le arene, le psammite e le argille, sogliono essere materie *poco energiche*, e di rado *energiche*.

3.° Che le pozzolane naturali o artefatte, possono essere materie *molto energiche*, o *semplicemente energiche* o *poco energiche*.

Nei caratteri fisici delle arene, delle psammite e delle argille non v' ha nulla che possa far presentire, con piena certezza, quale sarà per essere la loro azione sulla calcina grassa.

Le pozzolane naturali o artifiziali offrono, a questo riguardo, qualche indizio, ma soltanto negativo. Così, la durezza dei granelli, la densità, l' aspetto vitreo o smaltato, il non appicciarsi alla lingua, in una parola tutto ciò che annuncia una grande coesione, è un segno quasi certo di mediocrità; per queste sostanze adunque, come per le diverse calcine, ella è l' esperienza eziandio che dee servir di norma al costruttore. Pur tuttavolta, coloro che possedono qualche cognizioni di chimica, possono farne in questa occorrenza una utile applicazione; giacchè, senza dare niuna misura rigorosamente esatta delle qualità delle sostanze suddette, possono i reagenti aiutare a classificarli in un modo approssimativo, indicando fino a certo punto lo stato di combinazione de' loro principi; egli è appunto di codesto stato che qui appresso cercheremo di sommariamente render ragione.

AZIONE DEGLI ACIDI.

Le sabbie pure essenzialmente quarzose non sono lese nè a freddo nè a caldo dai soliti acidi (solforico, nitrico e muriatico) i più concentrati; lo sono in vario modo quando contengono delle particelle vulcaniche o pseudo-vulcaniche molto dure; ma in questo stesso caso l' azione degli acidi è assai lenta e limitata (le sabbie calcaree, o miste di calcarea formano eccezione).

L' argilla delle arene, segregata con la lavanda, asciugata, polverizzata e posta in macerazione per più giorni nell' acido muriatico, si priva d' una parte del suo ferro ed abbandona inoltre dal $\frac{1}{10}$ fino ai $\frac{3}{5}$ della propria allumina.

Le psammite scistose sono perfettamente nel medesimo caso.

L'acido muriatico dissolve gran parte del ferro ossidato e quasi che tutta la calce carbonata delle argille comuni, quando esse ne racchiudono; ma non assalisce l'allumina con pari energia che in certe arene ed in alcune psammite. La quantità disciolta di rado oltrepassa, dopo tre o quattro giorni di macerazione, il $\frac{1}{5}$, e sovente non giugne al $\frac{1}{10}$ della totalità.

L'azione degli acidi sulle pozzolane naturali è sopra modo varia; alcune si addimostrano contumaci affatto; altre abbandonano una quantità assai grande di ferro ossidato e più che la metà della loro allumina, negli stessi acidi allungati. Ce n'è talune, che trattate con l'acido solforico, si vestono in poco tempo di efflorescenze alluminose, ed altre che prima di un mese non manifestano segno alcuno, ed anche molto tempo dopo (33).

Le pozzolane artefatte possono offerire esattamente i medesimi fenomeni. Qusta rassegna dimostra abbastanza che i principi di codeste differenti sostanze sono in uno stato di combinazione variabile; che nelle une, a modo d'esempio, il ferro ossidato non si trova frammisto che meccanicamente, laddove nelle altre esso vi è più o meno fissato dalla silice e dall'allumina; che queste terre possono elle stesse trovarsi parzialmente in istato di miscela, e che talvolta infine il complesso degli elementi è strettamente ed intimamente collegato da una tenace coesione chimica.

AZIONE DELL' ACQUA DI CALCE.

La calcina, ancorchè fervente, è priva d'azione sulle sabbie quarzose o calcaree (34). Non così però delle arene, delle psammite, delle argille e delle pozzolane naturali o artefatte; queste sostanze gettate in polvere dentro l'acqua di calce limpida, la spogliono più o meno, e le ridonano, quando sono in proporzione conveniente, tutta la sua purezza.

Ecco ora le conchiusioni che si deducono, riassumendo le qualità reali degl'ingredienti de' cementi idraulici ed il modo di procedere di siffatti ingredienti, rispetto agli acidi ed all'acqua di calce.

1.° Non sono generalmente offese dagli acidi, e non hanno azione veruna sull'acqua di calce, tutte le materie riconosciute come *inerti* (le sabbie calcaree formano eccezione);

2.° Sono poco lese dagli acidi e rendono pura una piccola quantità di acqua di calce, la più parte delle sostanze riconosciute come *poco energiche.*

Sono fortemente lese dagli acidi e rendono pura una quantità assai grande d'acqua di calce, la maggior parte delle sostanze riconosciute come *sommamente energiche.*

Dicendo la più parte delle sostanze, si fa bastevolmente intendere che vi ha delle eccezioni; ecco perchè sarà sempre bene rinnovare la pruova di fatto, quando si vorrà scrupolosamente classificare una pozzolana, un'arena od un'argilla con piena certezza.

CAPO VIII.

Fabbricazione delle pozzolane artefatte.

Il loro scopo è di supplire con poca spesa alle pozzolane vulcaniche o pseudo-vulcaniche, con de' prodotti artifiziali di qualità per lo meno equivalenti (35).

Fra le rocce, o terre essenzialmente composte di silice e di allumina, quelle che si prescelgono, siccome quelle che più di leggieri si prestano alla trasformazione cui si mira, sono: 1.° le argille; 2.° le psammite scistose, brune o gialle e formanti con l'acqua, pasta argillosa; 3.° le arene ricche d'argilla; 4.° ed alcune specie di scisti.

L'agente che si adopera è il fuoco; le condizioni della trasformazione sono: 1.° che la materia possa acquistare tanto di coesione da non più formare con l'acqua pasta argillosa; 2.° che pervenga al minimum del peso specifico ed al maximum della facoltà di assorbire; 3.° che addivenga accessibile agli agenti chimici, quali sono gli acidi allungati, più che non lo era per lo innanzi (36).

Si conseguiscono queste qualità mercè d'una cottura molto moderata, e regolata daltronde siffattamente, che sia dato all'aria di potere agire su tutte le parti della materia che si arroventisce (37).

Il primo ed il miglior metodo consiste in polverizzare da prima l'argilla, la psammita o l'arena che si presceglie, per indi distenderla e formarne uno strato dell'altezza non maggiore d'un centimetro, su d'una lastra di ferro riscaldata al grado ch'è fra il rosso ciliegia ed il rosso da incudine; vi si lascia quindi arroventire allo stesso punto per un tempo che varia per ciascuna materia fra cinque e venticinque minuti. Si cura di rimenare continuamente la polvere con una verghetta di ferro, affinchè tutte le sue parti si calcinino uniformemente. Le argille o psammite ocrose, dal rosso fosco o arancio, fino al sanguigno assai vivo, richiedono un grado di fuoco più alto e per più lunga pezza sostenuto che non le altre; venti minuti, ed uno arroventimento che inclini più al rosso da incudine che al rosso ciliegia, sembrano essere i termini che loro si convengono. Il fare dei saggi è del resto cosa sì facile, che invito ciascun costruttore a non regolarsi che sulla propria esperienza. Il metodo di calcinazione ora esposto non è stato peranco praticato in grande; esso offre delle difficoltà (38).

Il secondo metodo consiste in rendere la materia oltremodo porosa e permeabile all'aria, ov'essa di già non lo fosse, ed in cuocerla di poi alla guisa dei laterizi, nelle più alte regioni delle fornaci da calcina, in dove il calore non è mai sì intenso che possa, non che vetrificare, ma conferire ai mattoni il grado di cottura richiesto nel commercio.

Si rende la materia porosa, impastandola con un pari volume di sabbia quarzosa; dopo di che la si divide in pani o prismi che si lasciano prosciugare ed assodare opportunamente. Questa maniera è precipuamente adattabile alle argille compatte e fusibili; ma la pozzolana che se ne ricava ha l'inconveniente d'esser mescolata di sabbia, inconveniente che si potrebbe forse schivare, sostituendo alle sabbie quarzose, delle sostanze combustibili molto attenuate, come la segatura di legno, la paglia triturata, la pula di grano, ec. (39).

Quando non importi di conseguire l'ultimo grado di perfezione, si è pago di far cuocere, tal quale l'offre la natura, la materia che si è prescelta; giova non pertanto il ridurla ad un volume poco considerevole, non maggiore, per esempio, dalla grandezza del pugno,

senza obbliare che il semplice arroventamento è sufficiente, e che non è necessario di prolungarlo assai lungo tempo.

Le fornaci nelle quali cuoconsi simultaneamente le calcaree e i laterizi, attirano molt'aria, ed in questo rispetto sono molto proprie al cuocimento delle pozzolane artefatte. Si potrebbe altresì mettere a profitto con pari successo la fiamma che s'innalza al disopra degli alti fornelli nei quali si depura il minerale del ferro.

Ogni argilla principalmente composta di silice e di allumina, ed inoltre fina e dolce al tatto, racchiuda pure molto o poco ferro ossidato, poco o nulla di carbonato calcareo, darà sempre una pozzolana *sommamente energica*, ov'ella sia trattata secondo uno de' due primi metodi testè descritti.

La medesima argilla cotta in polvere, ed in un vase chiuso, darà del pari una pozzolana sommamente energica; ma questa pozzolana renderà i cementi pigri ad assodarsi, e più suscettivi di alterazione al contatto immediato d'un acqua corrente, come pure aumenterà la coesione delle parti interne e la loro aderenza pei corpi estranei (40).

La medesima argilla cotta in frantumi, secondo il terzo metodo, darà una pozzolana *semplicemente energica*; ma quando si spingesse il fuoco fino all'intensità della forte cottura dei laterizi, non si avrebbe che una pozzolana poco energica; e forse anche una materia affatto inerte, qualora per la presenza di qualche fondente, vi fosse principio di vetrificazione.

Queste operazioni sono soltanto applicabili alle argille, alle arene ed alle psammite argillose; gli scisti riescono taluna fiata, ma in generale non danno che mediocri risultamenti, soprattutto la specie ardesiana.

Le materie impropriamente dette *ciments* (cocciopisto) nelle costruzioni, sono pozzolane artifiziali ottenute dalla polverizzazione di rottami ed avanzi di laterizi e di stoviglie. Or siccome si scarta egualmente, e per eccesso e per difetto di cottura, e s'impiegano daltronde, segnatamente per le tegole, delle argille smagrite con la sabbia, e più sovente ancora delle semplici terre forti, si comprende a quanti accidenti sieno esposte le qualità di codeste specie di pozzolane.

Le ceneri di carbon fossile e di torba sono talvolta una pozzolana energica, ma pur talaltra affatto inerte. Ciò dipende dalla composizione intima di tali sostanze.

Le scorie delle fucine e degli alti fornelli non sogliono produrre che pozzolane *poco energiche*.

Il *ciment* particolare, conosciuto pel nome di *ciment* d'acqua forte, non è altro che una combinazione di argilla e di potassa, risultante da una moderata calcinazione di nitro e di argilla umettata; dessa è una pozzolana sommamente energica, ma molto cara (41).

CAPO IX.

Della reciproca convenienza delle diverse calcine e degl'ingredienti che concorrono alla formazione delle malte e dei cementi.

Suppongasi che si abbiano a propria disposizione le quattro specie di calcina descritte nel capo primo, e inoltre tutti gl'ingredienti mentovati nel capo VI, e che, confuso nella scelta, non si sappia a qual partito appigliarsi. Ecco ciò che risulta dal complesso dei fatti numerosi osservati da quattordici anni (42).

PRIMO CASO.

Per aver malte o cementi suscettivi di acquistare gran durezza nell' acqua, o dentro terra, od in luoghi costantemente umidi, fa duopo combinare:

CON LE CALCINE GRASSE.	CON LE CALCINE mezzanamente IDRAULICHE.	CON LE CALCINE IDRAULICHE.	CON LE CALCINE eminentemente IDRAULICHE.
Le pozzolane naturali o fattizie molto energiche.	Le pozzolane naturali e fattizie semplicemente energiche; Le pozzolane naturali o fattizie molto energiche, temperate con la miscela di circa la metà di sabbia o di altre materie inerti; Le arene e le psammite energiche.	Le pozzolane naturali e fattizie poco energiche; Le pozzolane naturali e fattizie energiche, temperate con la miscela di circa la metà di sabbia; Le arene e le psammite poco energiche.	Le materie inerti, come le sabbie quarzose o calcaree; I rosticci le scorie, ec.

SECONDO CASO.

Per ottener malte o cementi capaci di acquistare grande durezza stando all'aria esterna, e di resistere alla pioggia, ai caldi ed alle forti gelate, fa duopo combinare:

CON LE CALCINE GRASSE	CON LE CALCINE mezzanamente IDRAULICHE.	CON LE CALCINE IDRAULICHE.	CON LE CALCINE eminentemente IDRAULICHE.
Non puossi con alcuno ingrediente conseguire lo scopo.	Non puossi con alcuno ingrediente conseguire interamente lo scopo.	Le sabbie qualunque, ben pure; Le polveri quarzose; Le polveri derivanti da pietre calcaree dure, e da altre materie inerti.	Le sabbie qualunque, ben pure; Le polveri quarzose; Le polveri derivanti da pietre calcaree dure, o da altre materie inerti.

Modificando, per qualsivoglia ragione, le prescrizioni di sopra, si potrà ottenere una qualità *mediocre*, e forse anco una *buona*; ma indubitatamente si andrà lungi dalla *migliore*; e tanto più, quanto maggiormente le combinazioni adottate tenderanno a sconvolgere la scala che colloca allato delle calcine grasse *molto caustiche*, le pozzolane *sommamente energiche*, e vicino alle calcine eminentemente idrauliche *poco caustiche*, le sabbie inerti. Si otterrà infine ciò che si può aspettar di peggio, quando si combineranno le calcine grasse con le sabbie, qualunque esse sieno. — Ecco a che mena il raccozzamento dei fatti. — Non fa mestieri aggiugnere ch'è duopo adottare termini medî, quando si tratta di sostanze di qualità mezzane fra quelle che costituiscono le categorie quì dianzi stabilite; ma soltanto di nuovi sperimenti potranno indicare ciò che risulterebbe dalla tale o tal'altra nuova combinazione di princìpi, che al costruttore piacesse di adottare.

SEZIONE TERZA.

COMBINAZIONI DELLE DIVERSE CALCINE CON LE SABBIE E CON GLI ALTRI INGREDIENTI DELLE MALTE E DE' CEMENTI.

CAPO X.

Delle malte o cementi calcarei destinati all' immersione.

Ogni malta o cemento calcareo destinato all' immersione e misto anticipatamente, come base, ad una certa quantità di ciottoli, di rottami o di ritagli, costituisce ciò che addimandasi bitume o smalto: ella è una muratura di minuti materiali, che si colloca bella e fatta nel luogo che deve occupare. In ciò che segue non considereremo che le basi dei bitumi.

SCELTA DELLE PROPORZIONI.

Le proporzioni che producono la maggiore durezza, sono altrettanto varie, quanto il sono le numerose combinazioni possibili de' diversi ingredienti conosciuti; vale a dire, in poche parole, che la quistione non può qui esser trattata che in un modo incompleto ed affatto approssimativo, e che ciascun costruttore debbe a quest' uopo studiare i materiali di cui può disporre.

Fra gl' ingredienti conosciuti, le arene, le psammite e le argille sembra che sieno i meno avidi di calcina; ridotti in polvere asciutta, e così misurati, esigono per ogni unità di volume, cioè: di calcina grassa, in pasta consistente, e spenta col metodo ordinario, da 0,15 a 0,20; di calcina mezzanamente idraulica, da 0,20 a 0,25; e di calcina idraulica, da 0,25 a 0,30.

Le pozzolane energiche, e molto energiche richieggono in pari circostanze: di calcina grassa, da 0,30 a 0,50; di calcina mezzanamente idraulica, da 0,40 a 0,60.

Le sabbie quarzose o calcaree: di calcina idraulica o eminentemente idraulica da 0,50 a 0,66.

Massima generale: torna meglio peccare per difetto che per eccesso di calcina, quando trattasi di mescolare calcina grassa con una qualunque pozzolana, e viceversa nel caso delle calcine idrauliche o eminentemente idrauliche mescolate con le sabbie quarzose o calcaree(43).

Quanto più sono deboli gl' ingredienti che si mescolano, tanto maggiore è l'influenza delle dosi: vale a dire che a differenze poco notevoli fra queste dosi, possono allora corrispondere notevolissime differenze fra le durezze dei composti.

Del resto tutto ciò che testè si disse debb' esser modificato a seconda dell' uso cui si destinano le malte o i cementi; massime quando si tratti di pozzolane e di calcine grasse. Se sono cotai cementi destinati a collegare dei materiali, si lascerà loro un lieve eccesso di calcina: senza di che assai difficilmente aderirebbero alla pietra. Se debbono agire isolatamente, si osserveranno quanto più è possibile le proporzioni prescritte, onde ottenere la maggiore possibile durezza.

SCELTA DEL METODO DI ESTINGUERE.

La natura della calce e degl' ingredienti che si adoprano regola la scelta della maniera di estinguere.

I fatti dan luogo a questa generale osservazione, cioè:

1.° Che per tutt' i possibili cementi di calcine grasse, o mezzanamente idrauliche, l' ordine di precedenza dei tre metodi conosciuti è il seguente: estinzione spontanea, estinzione per immersione, estinzione ordinaria.

2.° E per tutt' i cementi o malte possibili di calcine idrauliche ed eminentemente idrauliche: estinzione ordinaria, estinzione per immersione ed estinzione spontanea.

Potranno senza dubbio esistere delle eccezioni; ma fino ad oggi non se ne sono osservate.

Le differenze di durezza, risultanti dall' uso di tale o tal altro modo, sono molto variabili: desse giungono al *maximum* nel caso delle

calcine grasse mescolate con materie inerti, e si rendono quasi che insensibili nella miscela di queste medesime calcine con pozzolane molto energiche. Entro questi limiti poi, le differenze seguono un andamento progressivo, e corrispondente all'energia variabile degl'ingredienti (44).

Si possono spegnere per immersione o col metodo ordinario le calcine idrauliche e le eminentemente idrauliche, senza che nelle malte o cementi nei quali esse intervengono, si scorgano di grandi differenze; ma non è poi così dell'estinzione spontanea, la cui influenza si fa tanto più nociva, quanto più le qualità della calce a cui si applica sono eminentemente idrauliche (45).

DELLA MANIPOLAZIONE O FABBRICAZIONE.

La fabbricazione abbraccia l'estinzione della calce, e la sua miscela con gl'ingredienti, che concorrono con esso lei alla composizione della malta o del cemento.

Sia qualsivoglia il modo in cui ella sia stata spenta, la calcina vuol' essere in prima ridotta allo stato di pasta bene omogenea, per indi ricevere gl'ingredienti che se le preparano.

La pasta sarà consistente il più che sia possibile, ogniqualvolta dovrà contenere, come base, dei granelli duri e palpabili, che serberanno fra loro una distanza valutabile, o per lo meno sensibile. Questo è il caso delle malte, o miscele di calcina e di sabbia (46).

La sua consistenza potrà essere più o meno molle, alloraquando dovrà comporre, in unione d'una materia polvescente, di granelli impalpabili ed assorbenti, un tutto di apparenza omogenea, in cui l'occhio non possa scernere alcuno degli elementi constitutivi. Questo è il caso dei cementi calcarei, ovvero miscele di calcina con pozzolane, arene, argille o psammite (47).

Ma, in tutt' i casi possibili, il prodotto della miscela, sia malta, sia cemento, dovrà sortire una buona consistenza argillo.a, a tenore delle definizioni date su questo assunto nel capo V.

La calce spenta per immersione, o spontaneamente puol' essere a piacimento ridotta allo stato di pasta soda o di poltiglia, percioc-

chè ella si trova in polvere; ma non è ciò possibile quando trattisi di calce smorzata col metodo ordinario, che in origine sia stata dilavata in grande copia di acqua. Affin di non isbagliare, conviene non adoprare nel momento dell'estinzione più acqua che rigorosamente non ne abbisogna; vale a dire quella quantità che basta a convertire la calce dallo stato di pietra viva in quello di pasta consistente: poichè si è sempre a tempo di rifonderne della nuova s'è necessario.

Siccome le calcine idrauliche ed eminentemente idrauliche offrono in questa parte alcune difficoltà, esporrò con particolarità il modo da serbare allorchè si applica loro l'estinzione ordinaria.

La calce viva in pietra gettasi con la pala entro un bacino, distendendovela per istrati di uguale altezza (20, a 25 centimetri); si versa l'acqua successivamente, e in tal modo ch'ella possa circolare ed insinuarsi negl' interstizî che sono fra i frammenti di calce viva. L'effervescenza bentosto si manifesta; si continua a gettare alternatamente della calce e dell'acqua; ma vuolsi badare di non rimestare la materia e di non ridurla allo stato liquido, siccome è costume presso i muratori; se non che, dove per avventura qualche porzione di calce si disciolga all' asciutto, vi si avvia l'acqua mercè di canaletti che bel bello si aprono nella pasta, e s'immerge di tanto in tanto un bastone acuminato nei siti in cui si suppone che l'acqua non sia pervenuta; se il bastone cavasi intriso d'una materia viscosa, l'estinzione è buona; se per contrario si esala da essa un fumo polveroso, gli è un segno che la calce si è disciolta all'asciutto; in questo caso si dilata il buco, se ne fanno degli altri a fianco e vi si conduce l'acqua.

Non bisogna con questo metodo spegnere una quantità di calce maggiore del bisogno di un giorno o di due al più. Due vasche separate, ovvero due spazî divisi nella medesima vasca sono indispensabili; s'incomincia a riempirne uno, quando l'altro è presso a vuotarsi. In questo modo la calce ha almeno ventiquattro ore di tempo per disciogliersi, ed i frantumi pigri disfannosi tutti.

La calce spenta nel modo testè indicato, è di già molto soda il

domane; per prenderla è forza adoperare la zappa, od almeno tagliarla con una pala. Sembra che in tale stato ella non possa più ridursi in pasta senza un' addizione di acqua; ma è un errore: con l'aiuto d'un pestello è facile renderla maneggevole. Usando la mazza ella non lieviterebbe mai; ma ove la si percuota verticalmente con mazzuole di ghisa raccomandate a de' manichi di legno, ella non tarda a ributtar l'acqua, che aveva renduta in certo modo latente, e forma allora una pasta bastantemente molle per ricevere la sabbia (48).

Le materie che concorrono a formare i cementi calcarei, si triturano e si amalgamano tanto più agevolmente, quanto maggiore è la quantità d'acqua in cui si distemprano; e ciò a tal segno, che lo stesso operaio impiegherà per formare una malta densa, quattro volte il tempo necessario per prepararne una stessa quantità al grado di mollezza adottato dai muratori. Ove dunque influisse poco alla sollecitudine dell'assodamento ed all'ulteriore durezza della malta l'essere impastata densa o molle, moltissimo per l'opposto importerebbe all'economia, il sapere il limite massimo della quantità di acqua conveniente, onde avvicinarvisi il più che sia possibile.

Ma gli sperimenti più autentici e più svariati ammoniscono, che ogni malta o cemento destinato ad una immediata immersione, vuol' essere ridotto, siccome dianzi si disse, alla soda consistenza dell'argillla, sotto pena di non aggiugnere che la metà, o il terzo, e talvolta il quinto della forza cui sarebbe pervenuto, ov'esso fosse stato impastato convenientemente.

Ma non è già coi consueti ordegni ch'è dato sperare di arrivare allo scopo accennato; fa di mestieri assolutamente che si sostituiscano alle mazze i pestelli disopra mentovati, e percuotere la materia verticalmente con forza e con sollecitudine. Non prima che la malta sia interamente composta, vi s'introducono le pietruzze o i ciottoli che costituiscono lo smalto o bitume; questa seconda operazione si eseguisce eziandio col pestello.

DELL'USO O IMMERSIONE.

Tutte le cure poste nella fabbricazione sono quasi che perdute, se l'immersione di un bitume si eseguisce male; in nessun caso si dee gettare con la pala. Se la profondità dell'acqua non è notevole, come per esempio d'un metro, fa duopo recarlo fino al fondo e deporvelo bel bello. Le tramogge dovrebbero in generale proscriversi: la massa d'acqua che rinchiudono, comunque stagnante, diluisce sempre il bitume che l'attraversa.

La cassa proposta dal Bélidor è certamente il miglior modo. Noi l'abbiamo semplificata dandole la figura d'una piramide quadrangolare tronca e capovolta: si sospende in bilico un poco superiormente al centro di gravità; giunta in fondo, ella si vuota, come i camioni (*), per un moto di altalena. Il bitume ne sorte in figura piramidale, e si asside sempre sulla base maggiore.

L'immersione del bitume si eseguisce successivamente e per istrati, la cui altezza non debbe eccedere m. 0,4: a misura che uno strato discende nel cassone, fa salire al di sopra di se una broda, ovvero latte di calce, il quale si accresce continuamente, ed è tanto più abbondante, quanto maggiori sono l'estensione e l'altezza dello strato. Questa broda per la sua fluidità, cede il luogo a ciascuno strato di bitume che si affonda, e quando non si ha cura di farla uscire dal recinto, ella sale di strato a strato; ma non però siffattamente, che non ne resti fra due strati contigui una certa spessezza di tre a cinque centimetri: cosa dispiacevolissima; imperocchè, composta com'ella è di una calcina dilavata, codesta broda non si assoda che imperfettamente, e distrugge quindi la continuità della massa, come che ella ne favorisca daltronde il rassettamento.

In un'acqua corrente è facile riparare a tale sconcio; ei basta praticare delle piccole luci nelle pareti del recinto, e di moltiplicarle

(*) Specie di carretti a mano.

per modo che l'acqua interna possa continuamente rinnovarsi. Conviene per altro non farle sì larghe che lo smalto possa uscirne.

In un'acqua stagnante, si possono collocare una o due efficaci trombe all'estremo del precinto, in dove ciascuno strato va a terminare, ed aspirare la broda a misura che ascende. Le scope adopransi con successo quando il precinto ha un'uscita; ma questo espediente presuppone che si possa concedere a ciascuno strato il tempo di assodarsi.

Del resto riducesi a ben poca cosa il prodotto di quel latte di calce, quando l'immersione si eseguisce con le opportune diligenze. Fa duopo astenersi principalmente di percuotere il bitume immerso; è questa un'operazione inutile ed inoltre pregiudizievolissima. Il bitume si rassetta da sè quanto è necessario; il pigiamento non avrebbe altro effetto che di dilavarlo ed infievolirlo. Quello che solamente si permette, è di distendere e stivare per compressione, ma senza percuotimento, il prodotto di ciascuna parziale immersione (49).

Era altravolta costume assai generale di adoperare calcina ebulliente, e d'immergere il bitume ancor caldo, nella persuasione, che quando esso faceva presa sollecitamente, perveniva altresì alla massima durezza assoluta. Ora un bitume caldo è necessariamente un bitume mal preparato; ed invero egli è del tutto impossibile, che il calore svoltosi dalla calce viva, si mantenga per tutto il tempo necessario ad una buona manipolazione. In quel punto ogni manifestazione di calore annunzia lo sviluppo posteriore d'una calce pigra: e per conseguenza una estinzione ed una miscela imperfetta. Se tal miscela si tuffa in un precinto, nel quale da niuna cosa sia ristretta, essa si gonfia, si distempera e si dilata. Pertanto si conchiude che non conviene adoperare la calcina, se non dopo il suo totale raffreddamento, ch'è il contrassegno sicuro d'una estinzione perfetta. Del resto spetta alla sagacità del costruttore il distinguere, se il calore manifestantesi in un gran volume di calce morta, in pasta, derivi da un movimento interno attuale, o dalla prima effervescenza (50).

Per immergere il bitume, non deesi aspettare, siccome prescrive Bélidor, che un principio di prosciugamento gli abbia fatto perdere la sua duttilità; conciossiachè in quello stato esso si scompone e si sbric-

ciola oltre ogni credere, e non forma più che una poltiglia la quale, per conseguenza, assai lentamente, ed imperfettamente prende corpo: un cotal bitume non acquista in prosieguo dal $\frac{1}{10}$ ai $\frac{3}{10}$ di quella durezza alla quale perviene, allorquando s'immerge regolarmente.

Qualora per impedimenti non preveduti, siesi obbligato di aggiornare l'immersione d'una certa quantità di bitume di già preparato, e che quindi esso s'indurisca, lo si può senza inconveniente rimestare novellamente e portare alla primitiva consistenza rifondendovi dell'acqua; purchè per altro la durezza acquistata non derivi da una essiccazione violenta, provocata in poche ore da un colpo di sole o da un vento impetuoso.

Allorchè i cementi e le malte si possono adoperare all'asciutto, in un precinto aggottato, si fa generalmente uso di muratura in luogo dello smalto. Si può in questi casi aumentare fino al doppio la resistenza futura di cui codeste malte o cementi sono suscettivi, se prima d'introdur l'acqua nel precinto, si attenda che essi acquistino una tal quale durezza, non disgiunta da un'apparente umidità: tale infine, che non per anco vi apparisca il color bianchiccio che caratterizza l'essiccazione.

AZIONE DELL'ACQUA SULLE PARTI DELLE MALTE E DE' CEMENTI IN CONTATTO IMMEDIATO CON ESSO LEI.

Le parti delle malte e dei cementi che sono in contatto immediato con l'acqua, dopo avere acquistato, in epoche variabili per ciascuna specie di calcina e d'ingredienti, una certa durezza, finiscono alcuna volta per decadere al punto, di perdere perfino quella consistenza che avevano nel momento dell'immersione. Vi si forma allora come una rivestitura, la cui spessezza cresce procedendo sempre verso il centro: se la si toglie con una lama di ferro, raschiando la superficie fino al vivo, se ne forma una seconda, e così di seguito.

Questi fenomeni, molto patenti nel caso di calcine grasse e pozzolane poco energiche, sono sempre insensibili allorquando si tratta di pozzolane molto energiche o di calcine idrauliche od eminentemente

idrauliche, combinate con gl'ingredienti che loro si convengono. Si comprende quanto importi questa osservazione per la durata di quelle opere esposte alla percussione ed allo stropicciamento d'una corrente d'acqua agitata; ma in un'acqua tranquilla i progressi di questa specie di decomposizione hanno un termine. Una crosta nericcia o bianchiccia sottilissima ricopre il viluppo molle di cui si è parlato; sotto questa specie di egida, la cui formazione è dovuta all'acido carbonico, di che tutte le acque sono più o meno impregnate, le parti molli prendono poco a poco della consistenza, e tutto sembra annunziare che un giorno la solidificazione sarà compiuta. Il certo è che dopo sei anni, elleno non uguagliano ancora il mezzo in durezza.

Soggettate ad esame le parti deteriorate, elleno danno assai meno di calce che le altre; quella che manca è stata dunque disciolta e portata via: ella era di eccesso nel composto.

Si vede che la natura si sforza di arrivare alle proporzioni esatte, e che, affine di pervenirvi emenda l'errore della mano che stabilì le dosi. Chè anzi gli effetti testè accennati, sono nei casi precitati, tanto più sensibili quanto più si è deviato dalle giuste proporzioni (51).

INFLUENZA DEL TEMPO.

Alcuni desumono la bontà di un cemento dalla sua sollecitudine in far presa: ma molti fatti attestano non essere questo indizio sempre costante. Il secondo metodo di estinzione, per esempio, affretta la presa di tutt'i bitumi di calcina eminentemente idraulica, ma non induce in loro lo stesso grado di durezza assoluta che acquistano con l'estinzione ordinaria. Vi ha per l'opposto alcuni ingredienti le cui proprietà ferrumentarie non si sviluppano che in un modo lentamente progressivo, e che raggiungono non pertanto un'alto grado di solidificazione. Il tempo della prima presa non può essere un esatto prognostico della durezza futura, se non quando si paragonano cementi o malte di medesima specie; così, per esempio, allorchè una miscela di 200 parti di pozzolana e di 100 parti di calcina grassa in pasta impiega sei giorni a far presa, mentre che una miscela di uguale

8

consistenza, di 200 parti della stessa pozzolana con 270 parti della medesima calcina ne impiega 19, egli è certo che la prima si farà più dura della seconda; ed interverrà lo stesso se, restando invariabili le proporzioni, i cementi differiscano solo per la quantità di acqua; e se, a motivo di tal differenza, il più consistente prenda corpo prima dell' altro.

Le seguenti osservazioni emergono dai fatti esaminati fino al presente giorno:

1.° L' eccesso di calcina grassa, o mezzanamente idraulica, in un cemento, lo rende pigro a far presa; le proporzioni che sono favorevoli a questa presa, sono altresì quelle che inducono la maggiore durezza;

2.° Il secondo ed il terzo metodo di estinzione, paiono in generale più adatti ad affrettare la presa, che non il primo;

3.° I progressi dei cementi di calcine grasse e pozzolane energiche o molto energiche, sono ancora sensibili nel terzo anno dopo la loro immersione;

4.° I progressi delle malte di calcine idrauliche o eminentemente idrauliche e sabbie quarzose o calcaree, non sono più sensibili dopo il secondo anno d' immersione;

5.° Il tempo modifica ma non sconvolge i rapporti di durezza derivanti dal paragone dei tre metodi di estinzione; vale a dire che l' ordine di precedenza, osservato alla fine del primo anno, è ancora lo stesso alla fine del terzo, e così di seguito (52).

CAPO XI.

Delle malte costantemente esposte all' aere ed a tutte le intemperie.

Abbiamo detto al Capo IX, che le sole malte capaci di sfidare le vicende atmosferiche e di acquistare nello stesso tempo grande durezza, eran quelle composte esclusivamente di sabbie pure quarzose, granitiche o calcaree, e di calcine idrauliche o eminentemente idrauliche. Se dunque qui appresso tratteremo delle malte ordinarie ovvero mi-

scele di sabbie e di calcine grasse, egli è soltanto per compiere il quadro de' fenomeni che debbonsi esporre; imperciocchè portiamo noi ferma opinione, che converrebbe per sempre proscriverne l'uso, almeno ne' lavori d' una tal quale importanza.

Fra i risultamenti che deduconsi dal paragone generale delle malte con gl' idrati, ovvero corpi solidi formati dalla sola combinazione dell'acqua con le diverse calcine conosciute, i più notevoli ed i più importanti possono enunciarsi come appresso:

1.° Gl' idrati di calce che acquistano all' aria la maggiore durezza sono quelli, che mescolati con le sabbie pure, producono per l' opposto le malte più fievoli.

2.° L' intervento delle sabbie pure non contribuisce, siccome altravolta era opinione, ad accrescere la coesione di cui ogni sorta di calcina è indistintamente suscettiva; ma esso è pregiudiziale alle calcine grasse, utilissimo alle calcine idrauliche e sommamente idrauliche, ed è affatto nullo in alcune specie intermedie.

Non essendo le sabbie che sostanze inerti, siccome fu detto a Capo VII, parrebbe che la differenza della loro qualità non dovesse consistere che nella forma, nella grossezza e nella durezza de' granelli. Gli antichi costruttori volevano che si preferissero le sabbie fossili, ruvide al tatto, alle sabbie rotondite e liscie: consultavano eziandio il colore, rigettavano le sabbie gialle ec., ec. Ma tutto quanto essi lasciarono scritto su tal materia è così vago, gli sperimenti ai quali essi appoggiansi sono sì fattamente imperfetti, e sono con sì poco metodo instituiti, che riesce assolutamente impossibile di trarne alcuna conchiusione. Ciò che vuolsi tener per certissimo, e che fa duopo non perder mai di vista, si è che non vi ha sabbia alcuna, rossa o gialla, bigia o bianca, a granelli globulosi o angolosi, ec., che possa, s'ella è inerte, comporre una buona malta con la calcina grassa; mentre che per contrario tutte le possibili sabbie, purchè le sieri pure, e che i granelli sien duri e non eccedano una certa grossezza, producono di eccellenti malte con le calcine idrauliche o sommamente idrauliche. Ammettiamo benvero alcune differenze nelle qualità delle sabbie, secondo che i loro elementi constitutivi sono granitici o calcarei, sci-

stosi o vulcanici, ec.; ma cotali differenze, essendo in generale picciolissime, non si terrà conto in ciò che segue, che di quelle derivanti dalla grossezza dei granelli (53).

INFLUENZA DELLA GROSSEZZA DELLE SABBIE.

Diremo grossa quella sabbia i cui granelli, supposti tondi, variano da un millemetro e mezzo a tre millemetri di diametro; fina, quella le cui dimensioni, nello stesso senso, sono racchiuse fra un millimetro ed un millimetro e mezzo; e polveri, quelle sostanze solide di ugual natura, le cui particelle più grosse non raggiungono giammai un quinto di millimetro. Stabilite queste indicazioni, gli sperimenti addimostrano, che le sabbie quarzose o calcaree prendono rispetto a ciascuna sorta di calcina, il seguente ordine di preminenza, cioè:

Per le calcine sommamente idrauliche e semplicemente idrauliche: 1.° le sabbie fine; 2.° le sabbie a granelli disuguali, risultanti dalla mescolanza delle grosse con le fine; 3.° Le sabbie grosse;

Per le calcine mezzanamente idrauliche: 1.° le sabbie a granelli disuguali mescolate come sopra; 2.° le sabbie fine; 3.° le sabbie grosse;

Per le calcine grasse: 1.° le sabbie grosse; 2.° le sabbie a granelli disuguali; 3.° le sabbie fine (54).

Le più grandi differenze che l'uso di tale o di talaltra sabbia può causare nella durezza delle malte di calcine grasse, non vanno più oltre del quinto; ma per le malte di calcine idrauliche o eminentemente idrauliche esse oltrepassano il terzo: vale a dire che se 100 rappresenta in ambedue i casi la massima durezza, la minima non si allontanerà gran fatto da 80 nel primo caso, e da 60 nel secondo.

Allorchè le sabbie passano a quel grado di tenuità che costituisce le polveri, la loro miscela con le calcine idrauliche o sommamente idrauliche produce benanche di eccellenti malte, massime se tali polveri derivano da sostanze calcaree dotate di grande coesione, come i marmi. Le polveri quarzose, abbenchè non sieno efficaci quanto le sabbie della medesima natura, possono eziandio essere con buon successo adoperate; ma, non è superfluo il ripeterlo, l'intervento delle

parti lotose o argillose nelle suddette polveri, le priva delle loro qualità (55).

SCELTA DELLE PROPORZIONI.

Nel caso attuale come in quello delle malte destinate all'immersione, non si può, rigorosamente parlando, dare una regola generale; imperocchè ciascuna specie di calcina si comporta, rispetto a questa o a quella sabbia, in un modo che l'è proprio. Ciò non pertanto siamo in grado di fissare alcuni limiti e di accennare approssimativamente, per così dire, la linea che non ci è dato di esattamente descrivere.

CASO DELLE CALCINE GRASSE.

1.° La resistenza delle malte di calcine molto grasse, spente col metodo ordinario, cresce cominciando dalle 50 fino alle 240 parti di sabbia per 100 di calcina in pasta consistente, ed oltre tal limite decresce indefinitamente.

2.° La resistenza delle stesse malte, quando la calcina sia stata smorzata per immersione o spontaneamente, cresce cominciando dalle 50 fino alle 220 parti di sabbia per 100 di calcina in pasta consistente, e al di là di tal limite decresce indefinitamente.

CASO DELLE CALCINE SEMPLICEMENTE IDRAULICHE.

1.° La resistenza delle malte di calcine idrauliche estinte nel modo ordinario, aumenta cominciando dalla dose di zero fino a 180 parti di sabbia per 100 di calcina in pasta consistente, e quindi decresce indefinitamente.

2.° La resistenza delle stesse malte, qualora la calcina sia stata smorzata per immersione o spontaneamente, cresce dalla proporzione di zero fino a 170 parti di sabbia per cento di calcina in pasta consistente, ed oltre tal limite decresce indefinitamente.

Questi fatti sono bastevoli a stabilire, che le migliori proporzioni dipendono non soltanto dalla natura della calcina adoperata, ma dal

metodo di estinzione eziandio cui una tal calcina è stata soggettata. Si vedrà a suo luogo ch'elleno dipendono benanche da molte altre circostanze.

SCELTA DEL METODO DI ESTINZIONE.

Si è detto, ragionando dei cementi e delle malte immerse, che il metodo di estinguere la calce esercitava sulla loro durezza una notevolissima influenza: tale influenza dell'estinzione non è a gran pezza ugualmente sensibile, nelle malte esposte alle ingiurie dell'aria; si perviene non pertanto alcuna fia'a a raddoppiare la resistenza che si sarebbe ottenuta con un metodo diverso: lo che vale la pena di fare qualche pruova.

L'esame dei prospetti, dove sono registrati i fatti che siam pervenuti a raccogliere su questa materia, annunzia a prima giunta le medesime leggi di già osservate relativamente ai cementi ed alle malte immerse; cioè, che i tre metodi di estinzione disposti per ordine di precedenza, sono per le calcine idrauliche o sommamente idrauliche: 1.° L'estinzione ordinaria; 2.° l'estinzione per immersione; 3.° l'estinzione spontanea; e viceversa per le calcine grasse o mezzanamente idrauliche (56).

DELLA FABBRICAZIONE O MANIPOLAZIONE.

Parecchi autori affermano che le malte avvantaggino molto con una lunga manipolazione, ma senza nulla precisare. Per togliere ogni indecisione su questo particolare abbiamo instituiti di nuovi sperimenti, che daltronde l'insufficienza di quelli pubblicati nel 1818 rendeva necessarî.

Le sostanze quarzose e calcaree, facendo in generale miglior prova nello stato di sabbia che in quello di polvere con qualunque specie di calcina, l'effetto meccanico di una laboriosa triturazione, e protratto più che non richiederebbe la perfezione della miscela, non può essere evidentemente che pregiudiziale; ma la cosa vuolsi altresì riguardare da un'altra parte: da quella cioè dell'influenza atmos-

ferica sui princìpi delle malte, influenza alimentata e secondata in una lunga triturazione pel frequente rinnovamento dei contatti.

Ora si è veduto che le calcine idrauliche e sommamente idrauliche, esposte all'aere, vi perdono parte delle loro qualità, mentre che le grasse ne acquistano delle nuove; ne segue che la malta di calcina grassa è la sola che possa avvantaggiare per una lunga manipolazione: e ciò appunto comprovano i nostri nuovi sperimenti. Essi fan conoscere in fatti che una miscela di 150 parti di sabbia con 100 parti di simile calcina, estinta per immersione e misurata in pasta, essendo stata stemperata e rimaneggiata con addizioni di acqua di 8 in 8 giorni per cinque mesi consecutivi, è pervenuta dopo un'anno ad una resistenza assoluta di chil. 5,43 per centimetro quadrato; laddove nel caso d'una manipolazione ordinaria, questa stessa miscela non ha potuto arrivare che a chil. 4,14. Ma questo vantaggio, tuttochè sensibile, è lungi dal corrispondere alla fatica impiegata.

Una triturazione lungamente continuata può dunque esser proficua alle malte di calcina grassa, soltanto perchè rinnova i contatti e favorisce l'azione atmosferica; la qual cosa rende pienamente ragione del metodo lionese, il quale consiste, com'è noto, in apparecchiare anticipatamente de' grandi mucchî di malta, dai quali poi si trae successivamente la quantità bisognevole per lo consumo quotidiano, rendendolo maneggevole con un'addizione di acqua.

Ma nel tempo stesso è manifesto che un metodo siffatto sarebbe assurdo nei paesi dove la calce fosse idraulica o sommamente idraulica.

Tutto quanto si disse circa' l'estinzione della calce e la consistenza de'composti, nel ragionare de'cementi e delle malte immerse, è interamente applicabile alle malte esposte all'aere: si può perdere fino ai $\frac{4}{10}$ della resistenza ulteriore cui possono pervenire le calcine idrauliche, le quante volte, in luogo di quel grado di consistenza di cui si parlò, si è pago di quello che dai muratori si suole adottare.

La malta in qualsivoglia stagione, vuolsi manipolare quanto è possibile al coverto, sia per evitare la rapida essiccazione che si opera in està, sia per ovviare agl'inconvenienti più gravi ancora della stagione piovosa. Nell'ultimo caso giova deviare alquanto dai princìpi di

sopra stabiliti, e preferire la calcina idraulica estinta per immersione a quella che risulta dall'estinzione ordinaria; e ciò affinchè possa assorbire a volontà, l'acqua che nella sabbia bagnata si può trovare: senza di che non è possibile ottenere una malta consistente.

In està all'opposto, la calcina in pasta non sempre è sufficiente a dissetare la sabbia, la quale è talvolta arsiccia; si rende allora indispensabile l'aggiugnere dell'acqua, ma gradatamente e con la maggiore parsimonia. Non si può credere, per chi non l'ha veduto, quanta poca ne abbisogni per dilavare una miscela (57).

USO.

Egli è ad ognuno manifesto che una malta troppo spessa non può adoperarsi con materiali aridi ed assorbenti. Quando si hanno di tali materiali, vuolsi di continuo bagnarli e mantenerli in uno stato permanente di totale inzuppamento; il segreto di una buona manipolazione e di un buono impiego, consiste interamente in questo precetto: *malta consistente* e *materiali inzuppati*. I nostri muratori per l'opposto sembrano avere adottato il motto: *pietre asciutte* e *malta dilavata*.

A dire il vero per fabbricare come quì si prescrive, farebbe di mestieri che si mutassero alcune abitudini; come per esempio quella di non giammai introdurre fra delle pietre troppo unite, della malta dopo la loro ponitura: bensì porne anticipatamente in sufficiente quantità sotto ciascuna di quelle, affinchè i lati si guerniscano di per loro stessi allorchè si percuotono le pietre per assestarle.

La mano dell'operaio bentosto ridurrebbesi ad una piaga, ov'ei non usasse di alcune precauzioni per garantirsi dall'azione della calce. Il catrame liquido è un rimedio efficacissimo; ci basta imbrattarsene i diti più volte al giorno; il tenue velo che si attacca alla cute, equivale ad un guanto impermeabile (58).

PRECAUZIONI CHE DEBBONSI AVERE DOPO L'USO.

Tutte le malte in generale addiventano polverulenti, se dopo l'uso restano esposte ad una rapida essiccazione; e tanto è più funesta l'in-

fluenza di tale essiccazione, quanto più le calcine adoperate sono eminentemente idrauliche. Le malte possono allora perdere i $\frac{4}{5}$ della forza che avrebbero acquistata con una lenta essiccazione. Però giova d'innaffiare le murature quando si fabbrica nella stagione calda, e ciò praticare in guisa che la malta non possa mai imbianchire, e quindi perdere l'acqua necessaria alla sua lapidificazione (59).

INFLUENZA DEL TEMPO.

La malta di cento anni è ancora bambina : questo dettato dei muratori è figlio delle giornaliere osservazioni ch'essi hanno opportunità di fare sulle demoliture. Ed invero, non si rinvengono buone malte di calcine grasse, che nelle fondazioni, o nei massicci di edifizi di 4 a 500 anni di età. Da che dipende questa tardiva solidificazione? La cosa par difficile a spiegare; ma ciò che non è difficile a intendere gli è, che una malta la quale non si fa dura che dopo 4 o 500 anni, è per noi come se mai non s'indurisse (60).

Quanto alle malte di calcine idrauliche o eminentemente idrauliche, le numerose sperienze per noi raccolte attestano, ch'esposte all'aere in picciol volume, elleno pervengono in pochissimo tempo (18 a 20 mesi) se non all'ultimo grado di durezza di cui sono suscettive, ad uno almeno tanto a quello vicino, che si può con certezza argomentare ciò che nel prosieguo esse addiventeranno.

Sicchè, l'influenza de' secoli potrà bensì modificare, ma non mai sconvolgere i rapporti di resistenza stabiliti con le nostre osservazioni.

CAPO XII.

Dei cementi calcarei e delle malte esposte all' influenza costante d' una terra umida.

Riguardo ai cementi, si faccia capo di ciò che si disse circa le proporzioni, l'estinzione e la fabbricazione nel caso di una costante immersione; e rispetto alle malte si stia a quanto testè si accennò pel

9

caso della esposizione alle intemperie, salvo le seguenti modificazioni

GROSSEZZA DELLE SABBIE.

Quando le sabbie quarzose o calcaree passano a quel grado di tenuità che costituisce le polveri, la loro presenza è nociva alle calcine idrauliche e sommamente idrauliche; ed il nocumento è tanto maggiore per le sabbie calcaree, quanto più tenere sono le pietre da cui derivano.

METODO DI ESTINZIONE.

Le differenze di durezza, risultanti dalla differenza dei metodi di estinzione tenuti, sono conformi all'ordine stabilito, ma in generale più sensibili che pel caso dell'esposizione all'aria.

PROPORZIONI.

Esse sono essenzialmente modificate in forza delle seguenti osservazioni:

1.° La resistenza delle malte di calce molto grassa, smorzata nel modo ordinario decresce continuamente da 50 fino a 290 parti di sabbia e più, per 100 parti di calcina in pasta;

2.° La resistenza delle stesse malte di calce spenta per immersione, si mantiene quasi la stessa da 50 fino a 130 parti di sabbia per 100 di calcina in pasta, e decresce quindi indefinitamente;

3.° La resistenza delle medesime malte di calce spenta spontaneamente si mantiene eziandio con molta approssimazione la stessa da 50 fino 200 parti di sabbia per 100 di calcina in pasta, o poi decresce indefinitamente;

4.° La resistenza delle malte di calce idraulica, spenta in qualsivoglia modo, aumenta con differenze picciolissime da zero fino a 90 parti di sabbia per 100 di calcina in pasta, e diventa poi permanente fino a 240 parti di sabbia.

USO.

I cementi destinati a collegare i materiali d'una muratura sotterra, si adoperano con le medesime precauzioni e con la stessa diligenza raccomandate per le miscele di calcina e sabbia. Essi aderiscono debolmente alla pietra ed ai laterizi, quando sono composti nelle proporzioni esatte; se ne accresce l'aderenza, mediante un tenue eccesso di calcina, ma semprè peraltro in discapito della propria coesione.

CAPO XIII.

Delle vicende alle quali possono le malte e i cementi essere esposti, e delle loro conseguenze.

Alcune malte e cementi, la cui lapidificazione procede discretamente nell'acqua, perdono parte della loro coesione, o tutta, quando si espongono ad un aere secco e caldo. Ciò interviene in generale a quelli i cui elementi costitutivi non si convengono perfettamente; quali sarebbero i cementi di calcine grasse e di sostanze poco energiche, come le arene, le psammite, le argille, ec.; le miscele di calcine mezzanamente idrauliche con le materie inerti, ec. Lo scapitamento si manifesta soprattutto sulle parti esteriori, alle quali l'azione dissolvitrice dell'acqua ha di già fatta subire un'alterazione; queste parti perdono ogni consistenza.

Le malte di calcine idrauliche o sommamente idrauliche, il cui assodamento ha avuto luogo entro una terra umida, comportansi bene all'aria, del pari che nell'acqua.

Tutt'i cementi in generale, la cui lapidificazione dentro una terra umida ha proceduto regolarmente, mantengonsi benissimo anche nell'acqua; ma esposti all'aere, si comportano in modo vario; gli uni resistono e gli altri si alterano: non sapremmo dire dalla presenza di quai principi dipendano queste differenze (61).

Le malte di calcine idrauliche o sommamente idrauliche, ed i

cementi qualunque in generale, che hanno acquistata all'aria grande durezza, la conservano indefinitamente nell'acqua o sotto una terra umida.

Le semplici miscele di calcina grassa con sabbie inerti, la cui durezza non è che l'effetto d'un prosciugamento atmosferico, si scompongono del tutto nell'acqua.

Tutt'i cementi in generale, di calcina grassa, non resistono che imperfettamente al gelo; essi si spezzano, come le pietre dure, in iscaglie irregolari. Questo effetto della gelata si può considerabilmente attenuare, ed anche interamente eludere, col mescolare una certa quantità di sabbia pura negl'ingredienti in polvere che concorrono alla formazione di tali composti (62).

Tutte le malte di calcine grasse e sabbie grosse molto pure, resistono agl'inverni dei nostri climi, quando hanno raggiunto un certo grado di assolidamento; in caso diverso esse sono variamente danneggiate, ed in ragione delle dosi di calcina che contengono. L'esperienza dà su questo particolare le seguenti indicazioni:

1.° Ogni malta fabbricata nel mese di aprile con calce grassa smorzata nel modo ordinario, è danneggiata nel seguente inverno, se contiene meno di 220 parti di sabbia per 100 di calcina in pasta;

2.° È similmente danneggiata, se contiene meno di 160 parti di sabbia per 100 della medesima calcina in pasta ottenuta per immersione;

3.° È anche danneggiata, ov'ella contenga meno di 240 parti di sabbia per 100 della medesima calce in pasta, estintasi spontaneamente.

Dopo due anni il pericolo è passato, e dopo sei anni le più aspre gelate sono impotenti, purchè gli elementi della sabbia impiegata non sieno essi stessi diacciativi, e quindi capaci di essere indefinitamente attenuati fino alla polvescenza.

Quanto alle malte di calcine idrauliche o sommamente idrauliche, bastano sei o sette mesi per metterle fuori pericolo, qualunque sieno le proporzioni del composto; ma pure, resistono esse in ragion della quantità di sabbia che racchiudono: vale a dire che le più scarse di

calcina sarebber le ultime ad essere distrutte, qualora e le une e le altre potessero esserlo (63).

Nelle parti coverte degli edifizî, le malte di calcine grasse non sono esposte a tutte codeste vicende; ma non perciò esse diventano migliori. I limiti massimi della dose di sabbia che loro si conviene sono allora di 55, 125 o 175 parti per 100 di calcina in pasta, secondo chè siesi ottenuta con l'estinzione ordinaria, per immersione, o spontanea. Se si avranno presenti i limiti massimi assegnati pel caso delle intemperie nel capo XI, di leggieri si concliiuderà che queste sono favorevoli alle malte scarse di calcina, e nuocono per l'opposto a quelle in cui la calcina predomina.

CAPO XIV.

Influenza della pigiatura sulla resistenza delle malte in generale.

La malta riguardata come materia plastica ovvero da getto, può prendere entro stampi o dentro casse tutte le forme possibili. E si può darle ancora sembianza lapidea, fabbricandola con sabbia fina non colorata, o piuttosto con polveri calcaree derivanti da pietre dure.

La malta racchiusa fra pareti può essere stivata o pigiata come i muri formacci, ed acquistare così grande una compattezza; ma, poichè non sempre ne risulta un aumento di resistenza, giova studiare gli effetti di questo costipamento, e distinguere i casi in cui è più nocivo che proficuo.

Perchè il piagiamento di una materia possa avere effetto, è duopo ch'ell'abbia un cotal grado di consistenza, che sia fra la polvescenza assoluta e quello stato di duttilità che costituisce una pasta soda. Ed in fatti egli è chiaro che non può aver luogo compressione dove la materia scappa di sotto il pestello, e ben sel sanno i fabbricatori di muri formacei, i quali non fanno uso se non di terra leggermente umettata. Or si è sempre padrone di così preparare la malta, sia immediatamente, sia, ch'è meglio ancora, lasciando che la malta impastata al solito, prenda un conveniente grado di essiccazione.

Il ravvicinamento successivo delle parti della materia compressa, avvenendo sempre nello stesso senso, induce necessariamente una tessitura sfogliosa, la quale, comunque non visibile, non è però meno reale. L'analogia menerebbe a credere, che in tutti i possibili casi, un corpo così costituito debba opporre ad una forza qualunque, per esempio di trazione, una resistenza tanto maggiore, quanto minore è l'angolo che la direzione della forza fa co' piani delle laminette; ma l'esperienza prova che ciò non interviene generalmente. Ecco ciò che da essa si desume su tal particolare:

1.° L'effetto del costipamento è di aumentare in tutt'i casi, ma inegualmente per ciascun di essi, la resistenza assoluta delle malte di calcine grasse con sabbie pure: ma la maggior resistenza diviene perpendicolare ai piani delle lamine quando le malte si seppelliscono, immediatamente dopo la loro fabbricazione, in una terra umida. Essa resta parallella a tali piani laddove le malte sperimentino l'influenza atmosferica.

2.° L'effetto del costipamento, per le malte di calcine idrauliche o sommamente idrauliche con sabbie o polveri calcaree o quarzose, è costantemente efficace nel caso solo che l'assodamento di quelle abbia luogo dentro una terra umida. La maggior resistenza è in allora normale al piano delle laminette, conformemente alle malte di calcine grasse; ma all'aria, il vantaggio delle malte costipate sopra quelle che non lo sono, si manifesta soltanto parallellamente al piano delle laminette.

3.° Il costipamento è pregiudizievole in tutt'i casi all'idrato di calcina idraulica o eminentemente idraulica adoperato senza miscela, ed esposto all'influenza di una terra umida; e qualora l'idrato si assodi all'aere, gli è favorevole soltanto parallellamente alle laminette.

Occupandoci delle investigazioni che formano il soggetto di questo capo, abbiamo avuto per iscopo di studiare le proprietà delle malte di calcine idrauliche, considerate come materie plastiche. I numerosi pezzi da noi modellati, così in basso rilievo come a superficie convesse rendon fede, siccome si disse, che la malta riceve e conserva bene le impronte. Codesti saggi hanno resistito, senza il benchè menomo

accidente, alle intemperie di più inverni; la loro durezza non ha fatto che aumentare, e la specie di vernice di che il tempo gli ha rivestiti, conferisce loro attualmente tale una somiglianza alla pietra comune, che l' occhio più accorto vi s' inganna.

Non rimane più che un problema a risolvere, e gli è di rinvenire un modo di affrettare la presa della malta senza discapito delle sue qualità future, affine di non essere obbligato a moltiplicare indefinitamente gli stampi per lo stesso articolo. Quest' ultimo punto sembra difficile: il metodo Loriot è affatto insufficiente, e d' altronde non produce che cattive qualità di malte (64). I cementi naturali, che stemprati come il gesso s' induriscono quasi istantaneamente all'aere e dentro l'acqua, hanno l'inconveniente di essere colorati in bruno. Quelli che potrebbonsi fabbricare di proposito, facendo cuocere delle miscele di calce e di argilla sprovviste di ferro (capo XV), non resistono alle intemperie.

Ma la malta di calcina idraulica può essere fin da ora adoperata siccome materia plastica in gran numero di circostanze in cui la moltiplicità degli stampi non è una difficoltà; tal' è il caso in cui avessero a fabbricarsi pietre artifiziali con modanature, vasi ed ornamenti qualunque, capaci d' esser generati dal movimento rettilineo o circolare d'una sagoma. È chiaro che converrebbe allora stabilire la forma dentro un fosso, facendo scorrere la sagoma su d' una pasta cretosa preparata e disposta all' uopo. Il risparmio che per tal metodo tornerebbe alle costruzioni di lusso è veramente incredibile.

In appoggio di quanto quì si dice, possiamo citare gli onorevoli suffragi della Società d'incoraggiamento: ella ha accolto con favore i nostri saggi, e ce ne ha esternata la sua soddisfazione, decretandoci una medaglia d' oro nella seduta del 29 ottobre 1823.

CAPO XV.

De' cementi naturali.

Allorquando nelle pietre calcaree la proporzione dell'argilla eccede il 27 a 30 per 100, egli è rado che si possano tali pietre trasformare in calcina per via di cottura; ma esse danno allora una specie di cemento naturale che puossi usare come lo gesso, polverizzandolo, e distemperandolo in una certa quantità di acqua.

Vi sono alcuni cementi naturali i quali non fanno presa dentro l'acqua che dopo parecchi giorni, ed altri che vi si rassodano in meno d'un quarto d'ora; questi secondi sono i soli che siensi fino al presente adoperati. Tuttochè utilissimi nei casi in cui una sollecita lapidificazione è indispensabile, sono essi non pertanto assai lungi dall'offerire pei casi comuni, i vantaggi delle malte o de'cementi idraulici di buona qualità. Ed in fatti essi non aderiscono alle pietre che in ragione delle asperità delle superficie e dell'attaccamento che ne risulta; e, sia pur grandissima l'abilità e l'esperienza dell'operaio che ne fa uso, ei non può giammai pervenire ad ottenere col loro mezzo la collegazione non interrotta delle diverse parti d'una muratura.

Quello che molto impropriamente addimandano cemento romano in Inghilterra (65) non è altro che un cemento naturale risultante dalla calcinazione moderata d'una calcarea mista con circa 31 per 100 di argilla ocrosa, e con qualche centesimi di magnesia carbonata e di manganese. Si fa a Londra gran consumo di questo cemento; ma se ne restringerà immancabilmente l'uso quando le malte di calcine sommamente idrauliche saranno meglio conosciute, e quindi più stimate.

Sonosi da ultimo rinvenuti de' cementi naturali in Russia ed in Francia; se ne possono comporre di tutto punto, convenientemente calcinando delle miscele composte nelle proporzioni medie di 66 parti d'argilla ocrosa per 100 parti di *craie*. (*) Debbesi per altro conve-

(*) Calcarea grafica.

dire che veruno de' prodotti artefatti fin' oggi ottenuti non ha potuto uguagliare in durezza il cemento inglese.

Si disse (capo II) che le sostanze calcaree pure, imperfettamente cotte, si trasmutavano in sotto-carbonati dotati di certe proprietà. Queste proprietà sono di somministrare una polvere, la quale stemperata come il gesso, acquista in sulle prime dentro l'acqua una consistenza più o meno soda; ma non persevera poi in questi primi progressi.

Le calcaree argillose e le miscele artefatte di calcina pura e di argilla nelle debite proporzioni per costituirsi calcine idrauliche mediante il solito cuocimento, addivengono cementi naturali o artefatti qualora non subiscono che un semplice arroventamento mantenuto per alcune ore ed anche per alcuni minuti; questo risultamento, che sovente s'è a noi appresentato nel corso delle prime sperienze sulla calcinazione delle pietre da calcina idraulica artefatta, è stato parimente osservato in Russia dal Signor Raucourt; e l'ingegnere di Ponti e Strade, Signor Lacordaire, non solamente lo ha verificato sulle diverse calcaree argillose dei dintorni di Poully, ma ne ha eziandio fatta non ha guari con successo una utile applicazione ai lavori che dirige nel punto di separazione del canale di Bourgogne, sia operando direttamente la trasformazione di quelle calcaree in cementi naturali, sia ponendo a profitto la gran quantità di malcotti che restano nelle regioni superiori delle fornaci da calcina, allorchè si regola l'intensità e la durata del fuoco di modo, che non si oltrepassi il termine della cottura ordinaria per gli strati sottoposti della fornata.

L'istoria di codesti nuovi cementi naturali non sarà compiuta, se prima non sarà riconosciuto mercè di autentici e di moltplici sperimenti il loro modo di procedere all'aere ed alla gelata, ed il grado di aderenza che contraggono inverso le pietre da fabbricare. Speriamo che il signor Lacordaire risolverà bentosto queste importanti quistioni.

CAPO XVI.

Delle malte antiche paragonate con quelle del medio evo e con le moderne.

I monumenti Egizî offrono senza dubbio gli esempi più remoti ed i più notevoli che possansi citare, dell'uso della calce nelle costruzioni. La malta che riunisce le pietre delle piramidi, e segnatamente di quelle del Cheops, è affatto simile alle nostre di Europa; quella che si scorge fra le commettiture dei diruti edifizi, a Ombos, a Edfou, nell'isola di Philae ed in altri luoghi, col suo colore e la sua grana, disvela la presenza d'una finissima sabbia rossiccia, mista con la calcina nelle consuete proporzioni. Conoscevasi dunque di già l'uso dei cementi duemila anni prima della nostra era; e forse non sarebbe difficile di provare una più remota esistenza, consultando i vetusti monumenti dell'India ed i libri sanscritti, se parlano delle antiche relazioni dell'Egitto con quella contrada; ma ciò sarebbe un mettere troppo importanza in una indagine più curiosa che utile.

Limitando in generale l'uso de' cementi a colmare le strette commettiture de' loro filari, sembra che gli Egizî presentissero la sinistra influenza che un'atmosfera sempre ardente esercita sull'assolidamento e sulla durata delle composizioni calcaree. Il tempo ha mostrato come la loro prudenza, o forse l'azzardo, sia loro stato favorevole in questa parte; imperocchè delle opere de' Romani sulle sponde del Nilo non si vede più vestigio veruno, mentre, dopo quaranta secoli, alcuni templi egizî appresentansi tuttavia intatti alla nostra ammirazione.

La minuta murazione non poteva daltronde convenire ad un popolo, il quale rivestiva di bassi rilievi i muri de'suoi pubblici edifizi, ed affidava così alla scultura, la storia de'suoi costumi, delle sue arti, delle sue guerre e delle sue conquiste. Il mattone crudo, ed un cemento di argilla, bastavano per le cittadinesche abitazioni: e, sotto un cielo costantemente sereno, siffatto modo di fabbricare era non men sicuro che sollecito ed economico.

Egli fu nella patria delle arti belle, in quella Grecia cotanto ferace d'ingegnose invenzioni, che l'industria, secondata dal clima, pervenne a variare l'impiego dei cementi calcarei, e ad applicarlo a gran numero di usi di cui l'Egitto non offriva esempio. Quando in Atene si mostrava come un'antichità curiosa il coperto dell'Areopago costrutto di terra, di già le case de'semplici cittadini erano rivestite d'intonachi che per la bianchezza, per la durezza e per la pulitura, eran paragonabili al marmo di Paros, e di già le terrazzze di copertura resistevano alle intemperie. Si costruivano con ciotti, od altre pietre dure di piccole dimensioni, de'muri che non la cedevano in solidità alla pietra da taglio; ed i pavimenti artefatti erano perfezionati al segno, che assorbivano in pochi istanti tutta l'acqua con la quale si lavavano: infatti gli schiavi vi camminavano a piedi nudi, senza che nè per freddo nè per umido avessero a soffrire. Tal'era del tempo di Pericle e di Platone il progredimento dell'arte presso quei medesimi popoli, che sette secoli e mezzo addietro accontentavansi di ergere sul promontorio del Sigeo una tomba d'argilla al più prode fra loro.

L'Italia vide tosto gli usi di Oriente rendersi a lei comuni; gli operai greci vi affluirono da per ogni dove; i Romani poterono anch'essi addottrinarsi negli scritti di Anassagora, di Agatarco, di Metagene, di Fiteo, di Teocide e di altri. Fussitio pubblicò il primo libro di architettura che apparisse in Roma; dopo lui vennero Terenzio Varrone, Publio Settimio e da ultimo Vitruvio, che visse nel regno di Augusto di cui era l'architetto. La sua opera è tanto più pregevole in quanto essa racchiude, a dir dello stesso autore, tutto ciò che dai Greci si conosceva intorno all'arte edificatoria. Plinio l'antico, nella sua storia naturale, e Palladio (Rut. P. Æmil.) nel suo Trattato *de Re rustica*, nulla aggiunsero a quello che Vitruvio pubblicò pria di loro. Chè anzi, in alcuni luoghi, pare non abbian fatto che copiarlo.

Gli è dunque Vitruvio ch'è duopo consultare, allorchè hassi a dirimere un qualche punto in controversia sull'architettura de'Greci e de'Romani. Ma i monumenti eretti da codesti popoli parlano più

chiaro degli stessi libri loro; e ciò che di essi ne rimane, è bastevole a risolvere tutte le difficoltà surte intorno a tal materia.

I Romani, siccome altrove notammo, consideravano quale calcina per eccellenza quella che si ottiene dal marmo più duro e più puro. La calcina idraulica, a giudicarne dal silenzio di Vitruvio, era loro del tutto ignota, quanto alle sue proprietà almeno; ond'è che nei lavori idraulici di grande importanza, come i moli o le gittate nel mare, uop'era che adoprassero la pozzolana. Ma era loro tanto noto che le malte di calcina ordinaria e sabbia non fan mai corpo nell'acqua, che dopo aver fondate le pile de' loro ponti all'asciutto mercè di esaurimenti, lasciavan vuota la tura per due mesi, affin di dare il tempo alla muratura di prendere una qualche consistenza: *Relinquatur pila*, così il Vitruvio, *ne minus quam duos menses, ut siccescat.*

Ai laterizi pesti, adoperati come pozzolana, affidavano la riuscita di quelle opere soltanto che non esigevano grande solidità. Le loro malte esposte all'ambiente si assomigliano tutte generalmente; le si riconoscono per la presenza d'una grossa sabbia mista di ghiaiuola; i grumi di calcina vi sono alcuna volta in cotanto gran numero, che non si può attribuirli a difetto di manipolazione. L'estinzione per immersione applicata ad una calce molto grassa può soltanto esserne la cagione.

Le malte idrauliche romane sono assai da rimarcare, e differiscono essenzialmente dalle nostre; esse compongonsi presso che tutte di calcina pura, mista in forte dose con rottami di laterizi grossolanamente frantumati: onde han sembianza di puddinghi di cui la calcina sarebbe il legame. Pertanto, non potendo i laterizi subire la frantumazione senza che si formi una piccola porzione di tenue polverio, ne segue che la calcina non è mai bianca in questa mistura, ma per l'opposto ella vi si trova lievemente adombrata di rosso o di giallo, a seconda del colore dei laterizi adoperati.

Si soleva codesta malta destinare ad impedire il feltramento delle acque; si adoperava a rivestirne il fondo e le pareti di cisterne, di piscine, di acquedotti, ec. La si pigiava gagliardemente e per lun-

ga pezza ; e dopo averne lisciata la superficie con un' arenarea , vi si dava alcuna fiata una tinta in rosso di cui s' ignora la composizione. Da tutto ciò è palese che i Romani adoperavano la calcina in pasta come materia impermeabile, e che i corpi aridi e porosi che v'inserivano non avevano altro fine che di affrettarne lo assodamento assorbendo l'acqua superflua. È chiaro, che a seconda del volume di cotai corpi , poteva l' ass rbimento accadere lentamente , e dopo la collocazione della miscela , lo che permetteva di batterla in opera per compensare il restringimento della calcina. Daltronde i frantumi di laterizi , isolati ed involti nella calcina , non ne interrompevano la continuità, come avrebbero potuto fare gli stessi laterizi ridotti in fina polvere. Di tal che operavasi la essiccazione , ed in pari tempo si manteneva la compattezza e l' impermeabilità del tessuto.

Tutto era dunque motivato nella composizione di codesto cemento, e l' uso generale che di esso si faceva , dimostra che adempiva bene il suo ufizio , tuttochè non offerisse una grande resistenza , a giudicarne almeno dalle mostre che sono presso di noi , nelle quali la calcina non è gran fatto più dura della calcarea grafica. Ciò non pertanto con questo cemento gli odierni Italiani costruiscono scatole e tabacchiere che si comprano dai curiosi; ma è a notare ch' ei si servono soltanto delle parti superficiali ed esteriori dei rivestimenti , le quali sogliono essere incrostate da un deposito di calcina carbonata. Ora gli è appunto un tal deposito che , perfettamente forbito , sostiene tutto il resto e costituisce la beltà ed il maraviglioso del lavoro (66).

Evvi un pregiudizio tuttavia assai generale in Francia , ed è che i Romani avevano un segreto per la fabbricazione delle malte. Alcuni fan consistere il segreto nella scelta delle materie ; altri solo nel modo di adoperarle ; la conseguenza più evidente di queste due opinioni è che le malte romane dovrebbero essere da per tutto ugualmente dure; ora dal prospetto n.° 15 apparisce il contrario , e la differenza varia da 1 a 6. Egli è certo daltronde che gl' ingredienti, calcina, sabbia, e laterizi , sempre visibili in codeste malte , sono perfettamente gli stessi di quelli del paese in dove i monumenti esistono ; e Vitruvio ne dispensa dal fare questa osservazione allorchè dice (lib. 1 cap. V)

« Io non prescrivo quale debba essere la materia dei muri, percioc-chè non da per tutto si rinviene ciò che potrebbesi desiderare; ma farà di mestieri adoperare quello che si troverà, ec. »

Si è creduto a tutto rispondere vittoriosamente, dicendo che appunto per aver le malte antiche perdurato diciotto secoli e più, sono di gran lunga superiori alle nostre, della cui imperfezione fa fede il deplorabile stato della più parte delle nostre fabbriche. Perchè una tal conseguenza fosse stata giusta, era mestieri paragonare di grandi monumenti con grandi monumenti, e delle cattive e precarie costruzioni con costruzioni della stessa fatta; in confronto allora colle antiche malte avrebbonsi potuto mettere, e con vantaggio eziandio, quelle de' nostri vecchi ripari, e quelle in generale de' nostri grandi edifizi del medio evo (67). Quanto alle frali mura delle nostre cittadinesche abitazioni, benissimo avrebbono elleno sostenuto il riscontro di quelle di cui Plinio parla, (lib. XXXVI), allorquando ei dice: « Ruinarum urbis ea maxime causa, quod furto calcis, sine ferrumine suo caementa componuntur. »

Abbracciando con uno sguardo le diverse categorie di miscele contenute nei nostri prospetti, si scorgerà che le resistenze assolute per centimetro quadrato delle malte di calcina e sabbia, variano fra i limiti di chil. 18,53 a chil. 0,75. Ora quelle delle pietre da fabbricare, assumendo per ultimo grado della scala il basalto d'Auvergne, e per primo grado la calcarea che non per anco è tanto dura che possa resistere al lavorio della martellina, sono di chil. 77,00 a chil. 20,00 (la pietra tenera che adoperasi in Parigi appena dà chil. 10). Vuolsi dunque ben por mente di non stare litteralmente alle asserzioni di qualche autore, circa la possibilità di comporre con calcina e sabbia delle pietre artefatte dure quanto i ciottoli.

Nei calcoli in cui entra come un dato la tenacità delle malte, si può far conto, allorquando nulla sia stato omesso per opportunamente regolare le dosi e la scelta del metodo di estinzione, si può far conto, dicevamo,

Pel caso delle calcine eminentemente idrauliche, su di una resistenza assoluta media di . . . . chil. 12,00

Per le calcine idrauliche ordinarie, su . . . . chil. 10,00
Per le calcine idrauliche di mezzana qualità, su . . » 7,00
Per le calcine grasse, su. . . . . » 3,00
Le cattive malte, come son quelle che da' nostri muratori si compongono, non danno oltre i. . . . . » 0,75

Queste resistenze appartengono a delle miscele continuamente esposte alle intemperie, e vecchie d' un anno.

I migliori cementi e malte della stessa età, immersi, o sepolti in un terreno costantemente umido, non danno oltre i chil. 10,00.

FINE DEL SUNTO.

NOTE DIVERSE

RELATIVE

ALLE MATERIE TRATTATE NEL CORSO DEL PRECEDENTE SUNTO.

NOTE SUL CAPO PRIMO.

(1) In tutt' i trattati di chimica si può leggere l'istoria della calce. Considerata come una sostanza semplice fino al 1807, appartiene essa oggidì alla categoria degli ossidi metallici, col nome di ossido di calcio. Combinata con l'acido carbonico nelle proporzioni di 127,40 per 100, costituisce la calce carbonata de' mineralogi; è la sostanza più diffusa nella natura, e certamente la più svariata nelle sue forme, nel suo tessuto, nelle sue sembianze e nello sue combinazioni. Ed invero la calce carbonata appartiene a tutte l'epoche del globo; ella si accompagna con le rocce primigenie, fa parte de' terreni di transizione, e costituisce nella maggior parte i terreni di seconda e di terza formazione. I litofiti la creano di tutto punto e ne costruiscono immensi massi; i molluschi, di essa si rivestono; e da ultimo tutte le classi inferiori degli esseri organici quotidianamente la producono e se l' appropriano.

La calcarea più antica si rinviene nei terreni primordiali; essa suol'essere molto cristallina, a grossa grana ed il più delle volte bianca o bigia; nelle grandi masse, o negli strati frapposti allo gneis ed allo scisto, la sua trasparenza sembra diminuire, a misura che si eleva verso il limite superiore di cotesti terreni.

11

La calcarea primitiva in istrati, racchiude sovente dei minerali estranei, come il quarzo e la mica; quest' ultima le dà una sembianza scistosa, e ne forma allora un vero scisto calcareo micaceo.

La calcarea de'terreni intermediarî, ovvero di transizione, distinguesi essenzialmente dalle precedenti per la sua situazione; nel rimanente essa può offerire i medesimi caratteri mineralogici. Vuolsi non pertanto notare che, sebbene cristallina, la sua grana è minuta, e ch' è anzi raro il trovarne di tessitura assolutamente granosa in una grande estensione; che la sua frattura è il più sovente squamosa ed inchinevole alla compattezza, qualità che appartiene in generale ai terreni secondarî; che i colori infine sogliono essere vividi, intensi, svariati e d' una piacevole mistura.

Nei terreni secondarî, la massa principale de' quali componesi di roccia calcarea, i geognosti distinguono in Francia due formazioni, cioè: 1.° la formazione alpina; 2.° la formazione del Giura. Cotali formazioni sono taluna fiata intermezzate da banchi di arenaria, di gesso, di marmo, di argilla e di sal gemma in istrati uniformi.

La calcarea alpina bigio fosca, spesso cangiantesi in bigio nera o turchina, offre una frattura compatta, scagliosa e talvolta granosa, per lo che puossi allora adoperare come marmo. La calcarea del Giura bigio chiara, o bianco gialliccia, di frattura concoide, compatta e liscia, prende talvolta la testura oolitica.

Egli è ne' terreni secondarî che più generalmente rinviensi la calcarea argillosa atta a somministrare delle calcine idrauliche; ella ritrovasi spesso in istrati subordinati, nella calcarea alpina, e fra quest' ultima e la calcarea giurassica, ch' è sovente essa stessa mista all' argilla.

Le formazioni conchiglifere e le marne dei terreni terziarî, sono del pari assai spesso argillose, ed accrescono eziandio il numero delle pietre da calcina idraulica. (Vedi i trattati di geognosia)

(2) Ecco per coloro che sanno un po' di chimica, un modo di riconoscere con l' analisi la pietra da calcina idraulica, proposto dal Berthier.

» Si molisce la pietra, e si passa la polvere per uno staccio di

» seta; si pongono dieci grammi di tal polvere in una capsula, e
» vi si versa sopra, poco a poco, dell' acido muriatico allungato con
» poca acqua (mancando l' acido muriatico, si può far uso di acido
» nitrico o di aceto), agitando continuamente con una verghetta di
» vetro o di legno; quando cessa l' effervescenza non si versa più a-
» cido; allora si fa svaporare la dissoluzione ad un soave calore, infi-
» no a che il tutto non sia ridotto allo stato di pasta; si diluisce la
» materia in circa mezzo litro d' acqua e la si filtra; l' argilla resta
» sul feltro; si prosciuga tal sostanza al sole o al fuoco, e si pesa;
» ovvero, ch' è meglio, si calcina fino all' arroventamento rosso in
» un crogiuolo di argilla o di metallo pria di pesarla; si versa del-
» l' acqua di calce ben limpida nella dissoluzione fin che vi si forma
» un precipitato; si raccoglie al più presto possibile questo precipi-
» tato, ch'è della magnesia (talvolta mista al ferro ed al mangane-
» se), su d' un feltro; si lava con acqua pura, si prosciuga il più
» ch'è possibile, ed in fine si pesa.

Il peso dell'argilla, paragonato a quello della sostanza calcarea disciolta, addita approssimativamente il luogo graduale che quella sostanza debbe occupare fra le pietre da calcina idraulica; giova avvertire, che potrebbe dopo la prima feltrazione non restare altro che della finissima rena in vece di argilla, ovvero una miscela di sabbia fina e di argilla. Nel primo caso la pietra saggiata non sarebbe atta a fornire che della calcina magra; nel secondo, farebbe di mestieri separare la sabbia dall' argilla mercè di lavacri e di decantazione e valutare separatamente il peso sì dell' una che dell' altra.

La differenza di qualità nelle calci non era sfuggita all' osservazione degli antichi architetti; in fatti e' s' applicarono con molta pena a rintracciar de'rapporti fra quelle qualità ed i caratteri esteriori delle pietre calcaree; ma i loro sforzi dovevano di necessità tornar vani, poichè la chimica composizione, dalla quale dipendono le qualità intrinseche, non puossi riconoscere nè dal peso, nè dalla durezza, nè dallo splendore, nè dal colore, nè, in somma, da ciò che costituisce la sembianza del corpo.

Del resto, nelle opere moderne in cui tal questione è agitata,

trovansi ripetute, in modo eziandio assai uniforme, i precetti che Vitruvio ne trasmise. Il romano architetto, siccome egli medesimo confessa, aveva dal canto suo consultato i libri greci che del suo tempo esistevano; laonde sembra, che tutte tali dottrine, si rannodino ad un'antichissima ed unica origine. Ei può stare che desse convenissero perfettamente ai materiali de' luoghi in cui le prime osservazioni si fecero.

(3) Il campo delle prime nostre sperienze si è sopra modo ampliato con le ricerche di pietre da calcine idrauliche da noi intraprese nel 1824, 1825 e 1826 per comandamento del signor Direttore Generale de' Ponti e Strade, nelle linee di navigazione da Nantes a Saint Malo, da Nantes a Brest, da Briare a Digoin, da Décise al corso della Yonne per Châtillon, e ne' dintorni di Besançon. Ci venne fatto di esaminare e di soggettare a de' metodi comparativi uniformi 83 varietà di calcine, così idrauliche che eminentemente o mezzanamente idrauliche; i processi verbali di tale disamina e de' suoi risultamenti, sono, pei canali della Bretagne, autenticati dai SS. Bonessel, ispettori divisionario, Pion, ingegnere in capo, Mequin, Leguay e Coiquaud, ingegneri ordinarî, addetti al servizio del canale d' Isle e Rance; e pei canali della Loire e del Nivernais, dai SS. Vigoureux e Tibord, ingegneri in capo, e Barrande ingegnere ordinario, addetti al servizio del canale della Loire.

(4) Una tenuissima quantità di ferro è bastevole ad alterare la consueta candidezza della calce, ed a comunicarle la tinta fulva, rossa o giallo-verdiccia di che spesso fa mostra; egli è dunque possibilissimo che una calce sia colorata, senza che però cessi d'essere grassa; e similmente nulla impedisce che una calce bianchissima sia sommamente idraulica: potendo quest' ultima qualità non esser dovuta che alla presenza d'un' argilla pura, cioè composta solamente di silice e di allumina.

(5) S'è lunga pezza opinato, sull' asserto del Bergmann, che la proprietà delle calci idrauliche dipendesse dalla presenza di qualche centesimi di manganese; nè diversamente avvisava il Guyton. Ma l'ingegnere inglese Smeaton aveva osservato prima del 1756 che le cal-

ci inglesi atte ai lavori idraulici, lasciano tutte, dopo la loro soluzione nell' acido nitrico, un residuo argillo-sabbioso (costruzione del faro di Edystône ; estratto dalla Biblioteca brittannica). Trenta anni appresso, il Saussure annunciava che la calce di Chamouni, tuttochè scevra di manganese, s' induriva nell' acqua ; il perchè inferiva egli con ragione, dipendere cotale proprietà dall' argilla solamente. (Viaggio nelle alpi per Saussure). E da ultimo, Colets-Descotils, analizzando nel 1813 la marna compatta di Senonches, vi rinvenne circa un quarto di silice ; per il che conchiuse : « consistere la causa del fenomeno « nella presenza d'una gran quantità di materia silicea, disseminata « in atomi tenuissimi nel contesto della pietra. »

L' opinione del Descotils non invalidava quella del Saussure, poichè generalmente nell' argilla si contiene più silice che allumina, e daltronde i due chimici eran perfettamente concordi nel riguardare il manganese ossidato, se non come elemento inutile, almeno come non essenziale. Tal' era nel 1802 lo stato della quistione. Ei fu appunto per porre un termine a tutt' i dubbî, che risolvemmo in quella medesima epoca di procedere sinteticamente, e di comporre delle calcine idrauliche di tutto punto, calcinando diverse miscele di calce comune smorzata spontaneamente, e di argilla : la riuscita superò la nostra aspettazione.

Tutte le argille grasse o dolci al tatto diedero il medesimo risultato ; i nostri sperimenti, ripetuti a Parigi nel 1817 con le calci di Clayes e di Champigny e con l'argilla di Vanvres, non guari dopo in Inghilterra dal S. di Saint-Léger, a Nemours dal S. Giraut, ed in Russia dall'ingegnere Raucourt di Charleville, si verificarono tutti senza eccezione.

L' ingegnere in capo delle miniere S. Berthier ha dipoi sparso grandissimo lume su di cotai fenomeni, studiando l' azione della calce per la via secca, sugli ossidi, sulla silice, sull' allumina, sulla magnesia e sui perossidi di ferro e di manganese, presi isolatamente; indi due a due, ec. I risultamenti ai quali questo dotto chimico è pervenuto, sono compresi nell' enunciato che precede il numero della presente nota (Capo I.). Il leggitore cui piacesse conoscere in tutta la sua e-

stensione l'importante memoria del signor Berthier, la troverà impressa nel tomo XXII degli annali di chimica e di fisica a paggina 62.

NOTE SUL CAPO II.

(6) Nelle pietre miste la calcinazione non si limita soltanto a discacciarne l' acqua di cristillazione ; ella modifica inoltre gli uni con gli altri gli ossidi che vi si trovano: ed in fatti, se un carbonato calcareo argilloso si tratta con gli acidi allungati , si ottiene una deposizione , ovvero residuo insolubile più o meno abbondante. Dopo la calcinazione per l' opposto la dissoluzione si opera compiutamente ; dunque l'argilla è entrata in combinazione con la calce.

Le calcaree arenacee lasciano eziandio una deposizione insolubile quando si assoggettiscono all' azione degli acidi , dopo la cottura ; la qual deposizione uguaglia quella che si ottiene trattando il carbonato, e tanto maggiormente quanto più grandi sono i granelli quarzosi in volume. Donde segue che, qualora la silice si rattrova, non già suddivisa come nell' argilla , ma bensì disseminata in istato sabbioso nel tessuto calcareo , la sua coesione non puossi più vincere, se non che, tutto al più , molto imperfettamente.

Il Descotils , cui parte di codeste osservazioni son dovute , giustamente ne conchiudeva , non contribuire la silice a rendere idrauliche le calci , se non in quanto per la sua grande tenuità possa da queste essere assalita ed entrare con esso loro in combinazione , per via secca. Il perchè si fa chiaro come possano esistere calci non idrauliche , comunque racchiudenti grande quantità di silice.

(7) Il Dalton ha osservato che una corrente di vapore acquoso accelera la trasformazione della pietra calcarea in calce; tale osservazione è importante per l' economia del combustibile. Gioverà pertanto, allorchè si fa la calcinazione in tempi di seccura, di bagnare le pietre pria di accatastarle nella fornace , e di gettare di tempo in tempo dell' acqua sulle legna ardenti presso la bocca del focolare; ovvero , laddove si faccia uso di carbon fossile , di collocare nella corrente dell' aria , all' ingresso della volta , un gran vase pieno d' ac-

qua. Si accerta essersi fatta in Inghilterra con buon successo, dal Conte Stanhope, l'applicazione di cotal principio.

(8) Il carbonato calcareo fortemente scaldato, in vase chiuso, si fonde e poscia nel raffreddarsi si cristallizza, costituendosi nuovamente in istato di carbonato; questa osservazione appartiene ai chimici Haller e Watt, che la fecero è già più di un mezzo secolo.

Il carbonato misto di argilla, calcinato in contatto col carbon di legna, si trasforma in una calce idraulica a gran pezza inferiore di quella che si ha adoprando il carbon fossile; e similmente il fuoco di carbon fossile non è così buono quanto quello di lunga vampa risultante dalla combustione delle legna e delle eriche; da uno sperimento autentico, fatto a Nevers nel 1825 si deduce, che il carbon di legna può togliere ad una calce idraulica la metà dell' energia che avrebbe acquistata, ove la si fosse fatta cuocere al fuoco comune di lunga vampa. L'ingegnere Raucourt ha poi osservato che una miscela di calce pura e di argilla, calcinata, sia su d' una piastra di ferro roventata al rosso, sia dentro una fornace, dava costantemente della buona calce idraulica; mentre che la stessa miscela cotta col carbon di legna non dava mai altro che della calce magra. I quali fatti stabiliscono, non solamente l' utilità del contatto dell' aria nella calcinazione della calcarea argillosa, ma sì eziandio la presunzione, che un assorbimento di ossigeno possa contribuire a perfezionare le qualità che la calce idraulica deve essenzialmente alla sua combinazione con l' argilla. Ma non si ha nessun fatto in appoggio di tale opinione.

(9) Diversi gradi di calcinazione possono privare le pietre calcaree del 10, 15, 20, infino al 40 per 100 del loro peso, ottenendosi differenti sotto-carbonati con eccesso di base, dei quali alcuni si smorzano nell' acqua ed altri no; questi ultimi godono di alcune notevoli proprietà che ora faremo conoscere. Avendo diviso in dieci porzioni uguali una certa quantità di calcarea grafica polverizzata, abbiamo disseminata la prima porzione su d' una piastra di ferro roventata al rosso ciliegia, sulla quale ha subito una calcinazione di tre minuti; la seconda vi è rimasta sei minuti; la terza nove, e così di seguito

fino alla decima, che ha dovuto dimorarvi per conseguenza una mezz' ora. Nel tempo di ciascuna operazione si è ben' agitata la polvere in tutt' i sensi per fare che il calore si scompartisse ugualmente. Le dieci porzioni, così cotte, sono state impastate con un po' d' acqua e ridotte a pasta soda, d'una consistenza uguale. Niuno segno di effervescenza o di accrescimento di volume si è manifestato in questa manipolazione. I primi numeri non esalavano che il consueto odore della creta stemperata ; gli ultimi rendevano inoltre l' odore alcalino proprio della calce , e davano indizî di causticità molto sensibili.

Dopo due ore d' immersione , tutt' i numeri , tranne il primo , avevan fatto presa ; e dopo quattro giorni era onninamente impossibile di affondarvi un dito ; in somma il cominciamento di questa solidificazione è siffattamente simile a quello delle calcine idrauliche, ch' è impossibile di non ingannarvisi. Ma il seguito non giustifica le speranze concette ; per la qualcosa noi raccomandiamo espressamente di non saggiar mai le pietre calcaree con una cottura in piccolo , cioè di piccole porzioni di matèria esposte al fuoco di cammino o di stufa.

Nel tempo che noi ci occupavamo di questi sperimenti, il signor Minard , ingegnere superiore di Ponti e Strade osservava dal canto suo dei fenomeni consimili ; ma , ingannato senza dubbio dalla celerità della prima presa , ei si affrettò di annunziare , che una calcinazione opportunamente regolata poteva conferire , a quasi tutte le sostanze calcaree pure , la proprietà di somministrare a piacimento sia della calce grassa , sia del cemento naturale analogo al cemento Parker. Ma disgraziatamente il seguito non ha confermato cotali indizî ; i nostri stessi sperimenti, e quelli che dappoi rese noti il signor Berthier, gli hanno smentiti.

Il Berthier avvisa , che quando si bagnano i sotto-carbonati con dell' acqua , essi tramutansi in idro-carbonati, ovvero combinazioni d'idrato calcareo e di carbonato comune ; le quali combinazioni sono deboli e poco permanenti nell' acqua.

I sotto-carbonati con eccesso di base , sono molto più difficili a ridursi compiutamente in calce , con una seconda calcinazione , che nol sono i carbonati neutri; il che giustifica un'antica opinione comune

a tutt' i maestri fornaciai: essere, cioè, impossibile di trasformare in calce la pietra raffreddata pria del termine della cottura, quand' anche vi si ardesse un bosco intero.

Il signor Lacordaire ingegnere di Ponti e Strade, e addetto ai lavori del punto di separazione del canale di Bourgogne, a Poully, avendo ripetuto sulle calcaree argillose dell'Auxois gli sperimenti fatti dal Minard e da noi sulle calcaree pure, ha riconosciuto che nello stato di sotto-carbonati le prime addivengono veri cementi naturali. Questa osservazione lo ha menato a fare felicemente di molte utili applicazioni ai lavori cui egli è preposto. Così ha egli ridotto a tre giorni la durata del fuoco, ch'è di sei a otto nelle fornaci comuni, sicuro com' egli era di poter trarre profitto de'malcotti necessariamente risultanti da questo minor consumo di combustibile. Onde pervenirvi, egli spegne la calce per immersione e ne separa le parti sotto carbonate, per indi incorporarle nella malta dopo averle ridotte meccanicamente in polvere.

Per uno strano concorso di circostanze, le quantità di calce e di sotto-carbonato, date da ciascuna fornata, si trovano in quelle medesime proporzioni rispettive (12 o 15 metri cubici di sotto carbonato per 48 o 45 metri cubici di calce) che l' esperienza prescrive, per ottenere la miglior malta idraulica possibile (fra le malte di tal genere), con l' intervento d' una sabbia calcarea naturale, somministrata dal luogo.

L' economia che offre la fabbricazione di questa nuova specie di malta non è a riguardarsi come un risultamento generale; essa dipende essenzialmente dalla imperfezione delle fornaci da calce ne' dintorni di Poully, dal caro dei combustibili, e dalla scarsezza della sabbia. Ma laddove il prezzo delle legna o del carbon fossile discenda al valor medio degli altri luoghi, e la forma della fornace si modifichi di sorta che non sia mestieri di consumare tanto colorico per cuocere l'ultimo quarto o l'ultimo quinto della pietra accatastata, quanto ne abbisogna per cuocere tutti tre i primi quarti, o tutti quattro i primi quinti, in tal caso il metodo del Signor Lacordaire non riterrà alcuno de' suoi vantaggi.

La malta con sotto-carbonato di calce sembra non essere stata per

anco esposta all'influenza delle intemperie; non si può pronunziare un giudizio sulle sue qualità assolute, in fino a che degli sperimenti svariati non ne abbiano sanzionato l'uso in tutt' i casi.

(10) Per 75 metri cubici di calce sono state necessarie al canale Monsieur (fornace di campagna), 26 corde di legna di quercia, termine medio. La corda equivale a $4^{st.}$, 74; lo che importa per ogni metro cubo $1^{st.}$,64.

Per 100 metri cubici di calce sono stati necessarî al ponte di Souillac. (fornace cilindrica sovrastata da un cono) 107 steri di legna di quercia, termine medio, lo che importa $1^{st.}$, 70 per ogni metro.

Per 47 metri cubici di calce sono stati necessarî al canale Monsieur, (fornace di campagna) 7,000 fastelli di stipa formanti insieme $1050^{m.}$ cubici, lo che importa $22^{st.}$, 34 per metro.

Per 50 metri cubici di calce si vogliono a Saint-Brieux (fornace ovoidale) 2,500 fascine di ginestre formanti insieme $1500^{st.}$, lo che importa 30 steri per ogni metro.

Per 30 metri cubici di calce si richiedono a Cartravers, (fornace ovoidale) 15,000 fascine di ginestra, insieme formanti $900^{st.}$, lo che importa 30 steri per metro.

Per 12 metri cubici di calce si consumano nelle fornaci a fuoco continuo di Cahors, $4^{m.}$ cubici di carbon fossile, termine medio (fornaci a cono capovolto), lo che importa $0^{m.}$,33 per metro.

Per 78 metri cubici di calce si consumano nelle fornaci a fuoco continuo di Douè (Maine e Loire), fornaci ovoidali, m. cubici 29,80 di carbon fossile, termine medio, lo che importa $0^{m.}$,36 per metro.

La ginestra e la stipa in fastelli sono misurate in grandi pire, vale a dire nel volume che risulta dalla pressione alla quale allora soggiacciono.

(11) Nel 1824 ebbimo occasione di visitare le fornaci alimentate da carbon fossile, stabilite presso il ponte di Yena per lo cuocimento della calce idraulica artificiale; queste fornaci costrutte a coni capovolti, giusta l'antico costume, operavano male; la quantità dei malcotti era sempre tale, che non si poteva mettere la calce in commercio senza anticipatamente scartare i più pertinaci. Abbiamo dipoi rivedu-

te le medesime fornaci nel 1826, ed elle procedevano benissimo; verun cangiamento si è fatto nè alla forma nè alla capacità dei coni; la miglioria dipende, 1.° dal non abbassare la catasta a ciascun nuovo caricamento più che di 30 a 35 centimetri in vece di 0m., 64 termine adottato per lo innanzi; 2.° dal terminare la catasta in un medesimo piano con le pareti della fornace, e non già in una piramide siccome si praticava; 3.° infine dall' uso d' una miscela particolare di carbon fossile e di cock, e dalla distribuzione ben regolata ed uniforme di questo combustibile misto.

(12) Le fornaci ovoidali sono soggette ai medesimi capricci delle coniche: se n'è veduti che dopo avere operato per lunga pezza perfettamente, sonosi di subito guastate senza veruna apparente cagione.

La calce somministrata dalla fornace il cui spaccato va col n.° 5 (tav. I.), era sempre o troppo, o poco cotta. Una corrente di vampa, dovuta probabilmente al subitaneo strangolamento dell' apertura superiore, s' innalzava con forza nel giro, mentre che il mezzo ardeva male.

La fornace n.° 6 è stata lungo tempo adoperata: essa procedeva plausibilmente; ma in fine di analisi i numeri 7 ed 8 son quei che operano meglio. Il n.° 7 dà 6m.,84, ed il n.° 8, 4m.,50 cubici di calce per giorno.

Egli è in una fornace ovoidale che i SS. Debline e Donop han proposto di fabbricare della calce con fuoco di torba; eglino affermano che due steri di tal materia, la quale non costa più che la metà del prezzo delle legna, bastino a cuocere un metro cubo di calcarea; è dunque molto vantaggioso l' adoperarla dovunque la natura la somministra. (La società d' incoraggiamento ha decretato ai SS. Debline e Donop il premio che aveva proposto per la invenzione di un metodo economico di cottura applicabile alla fabbricazione della calce). La torba si colloca su d' una graticola stabilita sotto la volta della catasta ed arde con fiamma come le legna.

(13) Nelle fornaci a lunga vampa, di cinque a sette metri di altezza, è difficilissimo, per non dire impossibile, di cuocere bene gli strati superiori, senza oltrepassare il termine di giusta cottura per

gli strati sottoposti; l'inconveniente riduccsi a poco per la pietra da calce grassa; ma produce di gravi conseguenze per le calcaree argillose, le quali allora si vetrificano e s' inutilizzano.

Noi abbiamo proposto all'amministrazione de'Ponti e Strade delle fornaci, ed un metodo di calcinazione, co' quali ne sembra potersi schivare, in gran parte almeno, i precitati inconvenienti; eccone la descrizione:

La loro interna figura, per l'altezza di due metri circa, è quella d'un cilindro (fig. 3, tav. I.) di base circolare o ellittica; il resto, alto cinque metri, è limitato da un cappello di forma conica, mozzo in cima, di modo che resti al fumo ed all'aria calda un'uscita di $0^{m}.,60$. La capacità sottoposta è divisa mercè di tramezzi in due o tre camere tondeggiate; nel primo caso i tramezzi sono alti tre metri, e nel secondo $2^{m}.,60$ al di sopra del suolo. Lo scopo di queste varie disposizioni è, 1.° d'evitare le parti angolari nelle quali sempre male si effettuisce la calcinazione; 2.° di sostenere l'intensità del calore nelle regioni superiori, mediante una concentrazione più attiva di quella che ha luogo negli spazî prismatici o cilindrici le cui pareti sono verticali; 3.° i tramezzi da ultimo sono destinati a permettere la cottura alternativa degli strati sottoposti, senza interruzione per gli strati superiori: per esempio, supponendo la fornace a tre camere caricata sopra volte, secondo il solito, di calcarea argillosa facilissima a vetrificarsi, si chiuderanno perfettamente le bocche de'focolari, *b* e *c* (fig. 3, tav. I). Si accenderà il fuoco in *a*, e vi si manterrà per due giorni. Prima che termini il secondo giorno, si sturerà la bocca del focolare *b* e vi si accenderà il fuoco senza indugio; quando vi si sarà formata la corrente si modererà insensibilmente il fuoco in *a*, e si lascerà morire affatto, chiudendone la bocca, allorchè il fuoco *b* sarà in piena attività. Si passerà dal fuoco *b* al fuoco *c* con le medesime precauzioni. Per lo che succederà che tutta la regione superiore della fornace e parte della media avranno ricevuto 144 ore di fuoco diretto, mentre che le parti infime non avranno avuto che 48 ore dello stesso fuoco.

La fornace a due camere è destinata per la calcarea argillosa di

mezzana durezza: procedendo come testè si disse, ciascuna camera ri·everebbe 72 ore di fuoco diretto.

L'altezza dei tramezzi e la durata del fuoco, in ciascuna camera dipendono, siccom'è chiaro, dalla durezza della pietra, dalla quantità di argilla che racchiude, e dal calore che il legno produce in un dato tempo, secondochè è verde o secco. Uno o due saggi, eseguiti da un intelligente operaio, saranno sufficienti per decidere tutte codeste quistioni. . . . . Niuna cosa più facile, del resto, che di elevare o di abbassare i tramezzi senza danneggiare il corpo della fornace.

Si raccomanda particolarmente di passare il fuoco da un focolare all'altro, in modo che non si venga menomamente a scemare la sua azione continua e generale nelle regioni insistenti sopra i tramezzi.

Allorquando la pietra calcarea, a causa della sua picciolezza, o della sua fragilità, non possa resistere alla pressione cui soggiacciono la volta e i piedritti del focolare, si suddivide questa volta in due altre, ergendo nel mezzo un piedritto; ove si giudichi insufficiente questa precauzione, si fabbrica il paramento dei piedritti ed il filaro dell'intradosso della volta con pietre incombustibili, o con la calcarea comune. E per ultimo espediente, si può costruire una volta di mattoni refrattarî, traforata, siccome si pratica nelle fornaci da stoviglie.

NOTE SUL CAPO III.

(14) Le calcine idrauliche hanno subito tutte le pruove possibili ai canali di Saint-Martin e di Saint-Maur; sono state impiegate nella muratura delle chiuse, nei rivestimenti de' bacini, nelle volte sotterranee, ec. Ecco degli esempi in cui la malta composta di cosiffatte calcine adempie uffizî diversi.

1.° Ponte Duc d'Angoulême, sulla Dordogne a Souillac, una pila del quale è interamente piantata sopra bitume, composto di sabbia, ciottoli, e calcine idrauliche artefatte. Questo bitume è stato immerso alla profondità di cinque metri coacervati, in mezzo ad un'acqua corrente, dentro una cassa senza fondo. Dopo otto mesi esso sosteneva di già 2,500,000 chil. distribuiti su d'un area di 80 metri.

2°. Ponte di Melisey, del pari fondato sopra masso di bitume di calcina idraulica artifiziale.

3°. Ristauri di sgrottamenti, fatti alle pile de' ponti di Tavernay e di Baudoncourt, con la medesima calcina adoperata sul ponte di Melisey; dopo quindici giorni il bitume immerso non si deprimeva che di due millimetri, sotto la pressione d'un gambo di ferro d'un centimetro in quadro, gravato di 300 chil. (Sperimento dell'ingegnere S. Lacordaire).

4°. Saggi di rattoppamenti con malta di sabbia e calcina idraulica fattizia, praticati nel basso del molo Triches a Saint-Malo il 12 luglio 1821, dall'ingegnere Robinot. Questa malta introdotta entro commessure donde l'acqua usciva come da una sorgente, aveva resistito, quando noi la visitammo, agli effetti del mare del 1821, 1822, 1823 e 1824. Egli era in ottimo stato abbenchè sopraccarico di calcina. Ora non v'ha ingegnere che ignori qual sia il potere dell'Oceano a Saint-Malo sopra le malte di rivestimento.

Il S. Bernard, ingegnere di Ponti e Strade, addetto ai lavori del porto di Tolone, ci scriveva il 26 ottobre 1826, che avendo avuto occasione di far demolire alcune porzioni di muratura, costruita da non più che *cinque o sei mesi,* si trovò che la malta di calcina idraulica artefatta adoperatavi aveva di già siffattamente collegate le pietre, che sovente era più agevole di spezzarle che di svellerle.

Tutta Parigi ha potuto vedere nel 1826 al canale Saint-Martin, la durezza che aveva acquistato il bitume della platea del bacino. I frammenti, strappati dal luogo in cui il suolo erasi avvallato, sembravan di pietra-molare: in fatti essi furono utilizzati, rompendoli a grossi colpi di martello, e adoperandoli in frantumi per la fabbricazione del nuovo bitume destinato pei ristauri.

Ne piace pensare che tali citazioni saran bastevoli a far valutare il discredito che certuni han cercato di gettare sull'efficacia delle calcine artefatte. In ciò che precede abbiam voluto giovarci soltanto di grandi esempj. I piccoli saggi non sarebbero stati per avventura concludenti del pari; epperò abbiamo taciuto dell'esame provocato il 24 Dicembre 1821 dal Consiglio degli edifizi civili, e del processo ver-

bale della Commissione a tal'uopo convocata; dal quale processo verbale resulta, essere la calcina artifiziale di Parigi superiore alla calcina idraulica naturale di Senonches, durante i primi mesi dell'immersione. Siccome gli sperimenti della Commissione non potevano stabilire la legge progressiva della solidificazione, così non poteva pronunziare sul successo futuro delle due calcine paragonate.

(15) L'efficacia del manganese ossidato, dapprima supposta dal Bergmann, e dipoi ammessa dal Guyton, aveva suggerito al chimico francese due modi di ottenere le calcine idrauliche artefatte; il primo consisteva in mescolare quattro parti di argilla bigia e sei parti di manganese ossidato nero, con 90 parti di calcarea polverizzata, ed in calcinare la miscela.

Il secondo, in aggiugnere alla calce viva comune una certa quantità di miniera bianca di ferro, la quale componesi in gran parte di carbonato calcareo manganesiato.

Codesti due metodi, supposti buoni, sarebbero stati d'un uso molto limitato; imperciocchè il perossido di manganese e la miniera bianca di ferro, sebbene abbondanti in natura, nol sono però siffattamente che si possano adoperare come materiali nelle grandi costruzioni.

Il S. Pach, professore di tecnologia a Stockolm, ci ha raccontato che sull'asserzione del Bergmann, si era costrutta in Isvezia una chiusa intera con malta di calce grassa e di perossido di manganese, ma che per lo stato deplorabile della muratura era stato mestieri demolirla.

(16) Passiamo quì appresso a riferire i particolari del primo saggio di fabbricazione che sia stato eseguito in grande: esso ebbe luogo nei lavori del ponte Duc d'Angoulême a Souillac.

Si avevano grosse provviste di calce grassa in polvere, estinta per immersione, ed in tale stato conservata sotto una tettoia. Vi aveva in quei dintorni un'argilla bigia, debolmente effervescente, la quale, prosciugata al sole, e ridotta in frantumi della grandezza d'una noce, acquistava facoltà di stemprarsi e di ridursi spontaneamente dentro l'acqua in una poltiglia, la quale bastava rimenare per alcuni istanti, perchè si rendesse finissima.

Per lo mescolamento delle materie, si formavano, su d'un' area d'una certa ampiezza, una ventina di mucchietti di calcina in polvere di $\frac{1}{4}$ di metro cubico: fatto in ciascuno un cavo a forma d'imbuto, vi si versava una poltiglia liquida, composta di 0^{m},03 di argilla e di acqua, in tali proporzioni, che battendo il tutto, ed amalgamandolo mercè di pestelli, ne risultava una pasta sufficientemente soda. Si riunivano i prodotti parziali di ciascuna divisione, e fattine due o tre cumuli, si lasciava che prendessero assai di consistenza, perchè si potesse suddividerli in pezzi irregolari, mercè di pale o di zappe taglienti. I quali frammenti, grandi quanto il piccolo pietrame, si recavano e si spargevano sul suolo, dove prosciugandosi, acquistavano la necessaria durezza; allora si toglievano e si riponevano al coverto sotto una tettoia contigua ad una fornace da calce, simile per la forma (salvo i tramezzi) al n°. 3 (tav. I), e della capacità di 100 metri cubici.

La base della catasta si formava di pietra calcarea ordinaria, e tutto il resto, con pietra da calce artefatta.

Da un sunto esatto de' computi delle giornate e di altri capi di spesa, si ha il seguente prospetto.

SOMMINISTRAZIONI.

	fr. c.
34^{m}.,55 di calce grassa viva, la quale sarà restituita dalla fornata (memoria).	00, 00
5^{m}.,76 di argilla misurata in polvere, a 6 fr. il metro	34, 56
43^{m}.,18 di pietra calcarea da calce grassa per restituire la calce presa in prestito e per formarne la base dell'abbarcamento, a 3 fr.	129, 54
150 steri di legna da fuoco, a fr. 4,20	630, 00
Da riportare. . .	794, 10

MANO D'OPERA.

Riporto 794, 10

Estinzione per immersione di 34m.,55 di calce grassa, 56 giornate, a fr. 1,50, ... 84, 00

Mescolamento di codesta calce con l'argilla, 140 giornate, a fr. 1,50 . . . . 210, 00

Scompartizione della pasta e suo spandimento al sole, 65 giornate, a fr. 1,50, ... 97, 50

Per alzare da terra i pezzi, formanti insieme 50m. cubici, trasportarli ed accatastarli sotto una tettoia, 16 giornate a fr. 1,50, ... 24, 00

Accatastamento di 43m.,18 di calcarea nella fornace, compresavi la costruzione delle volte, cioè più di 50 metri di pietra da calce artifiziale, 7 giornate di maestro fornaciaio a 3 fr., ... 21, 00

Più 36giorn.,40 di aiutanti, a 2 fr., ... 72, 80

Cuocimento e mantenimento del fuoco per sei giorni e sei notti, cioè:

12giorn. di maestro fornaciaio, a 3 fr., ... 36, 00

24giorn. di aiutanti a 2 fr., ... 48, 00

AMMONTARE DELLA SPESA, ... fr. 1387, 40

$\frac{1}{5}$ per false spese e benefizio, ... 277, 50

Valore di 50 metri cubici di calce fattizia ridotta a 40 per lo restringimento della materia . . . . . . fr. 1664, 90

Per lo che il prezzo del metro è stato di fr. 41,62.

Questo è il risultamento di una sperienza fatta nelle circostanze più sfavorevoli, vale a dire senza la norma di veruno sperimento antecedente, e senz'altro sussidio che la forza delle braccia per le manipolazioni.

Al ponte di Melisey, il prezzo del metro cubo di calce idraulica artifiziale di doppia cottura, come la precedente, ascese a 38 fr. presa alla fornace, e compresovi il $\frac{1}{5}$ delle false spese e benefizio; lo che non si allontana gran fatto da quello ottenuto al ponte Duc d'Angoulême

NOTE SUL CAPO IV.

(17 Il vapore che si esala nell'estinzione rende verde la carta colorata con la malva; e ciò deriva da una porzione di calce tenuissima che quel vapore innalza con sè. Noi abbiamo introdotto successivamente diverse specie di calci vive, contenenti tuttora dell' acido carbonico, in una grande storta di grès, con dell'acqua distillata, ed indi, mercè d' un tubo ricurvo, abbiamo accolti i vapori ed il gas che si svolgono nell'estinzione, in un gran boccale pieno della medesima acqua distillata, capovolto sul tino idro-pneumatico, pieno della stess' acqua. Compiuta l'operazione abbiam tratto e turato il boccale, il quale conteneva circa due terzi di gas ed un terzo di acqua di calce, ed agitatolo per lunga pezza, non vi abbiamo scorto alcun precipitato; avendo nuovamente capovolto il boccale nel tino non s'è manifestato assorbimento di sorta; finalmente uno zolfanello acceso, ha continuato ad ardere nel gas racchiuso in quello, senza che la luce cangiasse di colore o d' intensità: dalla storta dunque non s' è sviluppato che dell'aria comune e dell'acqua.

(18) I muratori dicono che una calce la quale si disfà all'asciutto, *si brucia* e perde le sue qualità; e nel vero, ella perde la facoltà di produrre una poltiglia ugualmente fine e perfetta, quanto quella che produce passando immediatamente dallo stato di calce viva allo stato di pasta, ma essa migliora nel rispetto delle qualità *ferrumentarie.*

(19) Questo metodo di estinzione si deve al de Lafaye che lo pubblicò nel 1777, come un segreto ritrovato dei Romani; egli fondava la sua opinione sul senso stiracchiato dell' espressioni, *lapis calcis intinctus in acqua,* che si legge in Vitruvio, lib. II, cap. V, *et perfundere calcem, perfusio calcis,* in Sant'Agostino, lib. XXI, capo IV della Città di Dio; basta leggere con un poco d' attenzione i passaggi ai quali queste parole appartengono, perchè si renda chiara l' inverosimiglianza dell' interpretazione del de Lafaye. Il suo metodo fu molto in voga un tempo. Il Fleuret professore di architettura dell'antica Scuola militare pubblicò nel 1807, col titolo di *Arte di com-*

porre delle pietre dure quanto i ciottoli, un trattato della fabbricazione della malta col metodo Lafaye; metodo ch' ei per altro modifica, cercando di ritenere e d'utilizzare il vapore meramente acqueo che si esala nel momento dell'affervescenza. « Siffatto vapore (dice « il Fleuret paggine 40, e 41) risveglia ed eccita l'appetito degli ope- « rai, onde conchiudo che contiene dei principi atti alla rigenera- « zione della calce, e quindi allo indurimento della malta » Gli altri argomenti co'quali si studia l'autore di dimostrare l'eccellenza del suo metodo, sono presso a poco della stessa forza: l'esperienza ha renduto giustizia alle asserzioni esclusive del de Lafaye, dimostrando in quali casi ed a quali calcine convenga di applicare l'estinzione per immersione; e con la differenza delle calci adoperate, ha ella inoltre spiegato i successi ottenuti a Metz dal Fleuret, e l'infelice riuscita de'suoi tentativi nel bacino della Villette.

	ACQUA ASSORBITA.	VOLUME DELLA PASTA.
(20) 100 chilogrammi di calce grassa, ridotta in pasta molle col primo metodo, danno	291 chil.	350 vol.
Idem, dapprima estinta per immersione	172	234
Idem, dapprima estinta spontaneamento	188	258
100 chilogrammi di calce idraulica, ridotta in pasta molle col primo metodo, danno	105	137
Idem, estinta dapprima per immersione	71	127
Idem, estinta da prima spontaneamente	68	100

Esaminando questi risultamenti, tosto apparisce la grande differenza dell'accrescimento di volume, che ha luogo per le calci grasse, adoperando gli ultimi due metodi di estinzione.

È d'altronde osservabile, che ad eccezione delle calci bianchissime, tutte le altre contraggono con l'estinzione ordinaria un colore più chiaro, che con gli altri due metodi; or egli è notorio che molte sostanze colorate possono addivenir bianche e vivide in conseguenza d'una grande attenuazione delle loro particelle, le quali allora a guisa di tante faccette riflettono la luce bianca: tali sono i marmi neri, il

vetro verde di bottiglia, ec., i quali riduconsi con la triturazione in polveri bianche.

(21) Suppongasi che adoperando i tre metodi noti di estinzione siensi preparati tre volumi eguali V', V'', V''', di pari consistenza (pasta molle) della medesima calce grassa:

Se gli elementi di V' sono a modo d'esempio.

	chil.		
Calce viva	100,	Acqua 290	
Quei di V'' sarannno . . .	150,	253	compresovi dell'acido carbonico.
E quei di V'''	135,	254	

Ove dunque a ciascuno de' tre volumi uguali V', V'', V''' si aggiunga per esempio una stessa quantità di sabbia, si otterranno tre malte ugualmente grasse in apparenza, ma pure molto diverse per le proporzioni della calce e dell'acqua. Le conseguenze di questa differenza sono importanti: nella pratica, in generale,' quando si adopera della calce estinta col metodo ordinario, non si sa mai quanta se ne pone dentro il calcinaio; e nel vero, dalla giusta consistenza pastosa, fino a quella del latte di calce, la calce può ricevere da 130 a 400 chil. d'acqua per 100. Non vi ha nessun punto fisso; tutto dipende dalla volontà, o piuttosto dall'abitudine che guida la mano dell'operaio addetto all'estinzione.

(22) La calce grassa in pasta, e coverta di terra fresca in una fossa non assorbente, si può conservare per più secoli. Leon Battista Alberti dice (lib. II, cap. XI) d'aver veduto « della calcina ch'era « stata lasciata abbandonata per più che cinquecento anni, (siccome « per molte congetture si vedeva manifesto), e che cotal calcina era « tutt'ora umida e liquida e (per dir così) in modo matura, che di « gran lunga superava la liquidezza del mele e del midollo delle ossa. »

(23) La calcina in questo modo riposta assorbe l'acido carbonico sulla sua superficie, e vi si forma una crosta la quale, abbenchè poco solida, basta a preservare le parti interne. Se la polvere stesse su d'un suolo umido, ne aspirerebbe l'acqua con forza, e passerebbe allo stato solido o pastoso, secondochè essa sarebbe idraulica o grassa.

(24) Egli è appunto per quella facoltà di prontamente indurirsi

nella fossa, che la calce idraulica gode sì cattiva opinione appo gli operai: ed infatti ei non consentono di adoperarla che all'ultima estremità, ed in difetto di altra. Essi procurano allora di ritardarne la presa dilavandola il più che possono: lo che da loro si dice *smortirla*, espressione non sinonima di *spegnere*, ma che significa propriamente *togliere alla calce quella forza, quell' energia* che la fa tramutare in pietra dopo l'estinzione. Ma a malgrado de' loro sforzi, la calce idraulica finisce sempre per indurire dopo un certo tempo; allora ei si decidono a frangerla con mazzuole, ed a ricondurla allo stato di pasta con addizione di acqua; gli è con calcina siffatta che compongono la malta: però non si domandi s'ella è di buona qualità.

(25) L'estinzione per immersione non è già, come potrebbesi per avventura pensare, una difficile operazione, segnatamente quando la si eseguisce in grande. Noi passiamo a descrivere i modi adoperati a Doué dai fratelli Ollivier, aggiudicatarî delle somministrazioni di calcina idraulica pel canale da Nantes a Brest, pel viaggio di Nantes.

Come si cava dalla fornace la calce, si pone in un secchio il cui fondo si apre e si chiude a volontà: questo secchio è sospeso all'estremo d'una fune, aggrappata al falcone d'una gruetta; esso si fa immergere in un bacino pieno d'acqua, e dopo alcuni secondi si ritrae, e mediante un quarto di giro della grua, esso si trova su di un foro praticato nella copertura d'un piccolo edifizio a volta. Lo scatto d'una molla fa aprire il secchio, e la calcina cade dentro l'edifizio che dicesi magazzino d'immersione; in questa guisa vi si accumula tutta la calcina ch'esce dalle fornaci durante una giornata; il domane questa calcina trovasi ridotta in polvere. Dal magazzino d'immersione, mediante un apertura, essa passa in un piano inferiore; la calcina giunta in quell'apertura cade in un primo cilindro di ferro, traforato, il quale con un moto rotatorio separa i malcotti e li scaccia fuori dell'edifizio. La polvere che scappa dal cilindro cade in una tramoggia per la quale passa in un secondo cilindro di tela metallica, faciente ufizio di ultimo crivello, donde ella va in due altre tramogge fissate nella cima di due volte da esso loro trapassate.

Queste volte sostengono il solaio del piano della cernitura e coprono il magazzino della consegnazione, in piano terreno. Il sottile delle tramogge discende verticalmente dalla cima delle volte ed apresi o si chiude a piacimento entro de' sacchi sospesi all'estremo del raggio della bilancia.

Con siffatto procedimento, più agevole a comprendere che a descrivere, si spegne la calce, si cerne, s'insacca e si pesa nel modo più semplice e più sbrigativo; indi s'imbarca nella Loire. Essa suole viaggiare così durante più mesi, anche per un anno, senza deteriorare.

(26) Un saggio fatto in grande con 60 metri cubici di calce viva, ha sanzionato, nei lavori del ponte Duc d'Angoulême a Souillac la bontà di questo metodo; la calce tratta dalla massa si riscaldava e si disfaceva tuttavia benissimo, dopo cinque mesi d'un inverno costantemente piovoso.

NOTE SUL CAPO V.

(27) La calce pura e l'acqua, combinate, costituiscono l'idrato di calce; esso si ottiene, 1°. nello stato solido, bianco e più o meno polvescente, esponendo la polta di calcina al calore della vampa di spirito di vino; 2°. nello stato cristallino, ponendo dell'acqua di calce sotto un recipiente di vetro con dell'acido solforico concentrato accanto; la calce allora si cristallizza in esaedri regolari composti di calce 0, 70, ed acqua 0, 30; 3°. si ottiene un precipitato d'idrato di calce in forma di piccoli cristalli, facendo bollire una dissoluzione di calce saturata a freddo.

Non son questi gl'idrati contemplati nel capo V; in questa denominazione abbiamo compreso tutte le combinazioni solide, o miscele molli di acqua e di calce qualunque.

(28) Si sono, tav. II, rappresentate le striscie carbonate di varie sezioni, praticate su dei prismi di calce e di malta dell'età d'un anno: difficilmente si crederebbe, se non si vedesse, quanto il pulimento si opponga all'introduzione dell'acido carbonico.

Non vi è certezza del resto che la reintegrazione di quest'acido possa divenir completa, anche nelle parti più accessibili: ecco i risultamenti di analisi instituite su di piccolissimi pezzi di calce idrata, esposti all'aria durante otto anni.

L'idrato di calce molto grassa in 1000 parti ha dato	estinta col metodo ordin.°,	calce 564;	acido carb.° 424;	acqua 12
	estinta per immersione.	» 561;	» 416;	» 23
	estinta spontaneamente.	» 567;	» 422;	» 11
L'idrato di calce mezzanam. idraulica in 1000 p. ha dato	estinta col metodo ordin.°,	calce 510;	acido carb.° 321;	argilla ed acqua 179
	estinta per immersione.	» 570;	» 278;	» 152
	estinta spontaneamente.	» 517;	» 355;	» 128

La carta curcuma bagnata, applicata al centro, nel mezzo della frattura dei pezzi, non ha cangiato di colore: dunque non vi aveva più causticità, sebbene le proporzioni di acido carbonico fossero incomplete. Si osserverà, del resto, che gl'idrati ottenuti col secondo metodo di estinzione, sono quelli che han preso meno acido carbonico e più acqua; resultamento conforme a quanto fu detto nel capo IV relativamente all'ineguale capacità delle polveri di calce spenta spontaneamente e per immersione, per l'acido carbonico.

(29) Vitruvio (lib. II, cap. II), e Plinio (lib. XXXVI, cap. XXIII), parlano di opere leggiere che i Romani nomavano *albaria opera*, e nelle quali non entra che della calce.

Il Thévenot (Raccolta delle sue relazioni) dice che nelle Indie s'intonicano i muri con un'arricciamento di calce viva spenta nel latte e triturata con dello zucchero; e che si liscia poi questa malta con un agata. La verità del fatto è, che si mescola con la calce un po' di latte rappigliato, dell'olio di gingelli e dell'acqua di jagro, zucchero greggio e fosco che il cocco produce. (V. le lettere del Sig. di Bruns, inserite alla fine delle memorie del de Lafaye).

NOTE SUL CAPO VII.

(30) I proprietarî dei mulini sugl'influenti della Loire, fra Nevers e Briare, e sul fiume d'Isle nel dipartimento della Dordogne, fanno uso fin da tempo immemorabile, per li ristauri dei loro opificî, d'una malta composta di calce grassa del luogo e d'una sabbia fossile rossiccia, carica di argilla, ch'essi dicono *arena*. Codesta malta

si assoda più o meno entro l'acqua, ma pur quanto basta per lo mantenimento delle murature idrauliche nelle quali si adopera. Il signor Girard, ingegnere di Ponti e Strade, preposto ai lavori di navigazione del fiume d'Isle, tocco con ragione dalla singolarità del fatto, si dedicò nel 1825 a delle ricerche oltremodo interessanti sulle proprietà di tali sabbie; il servizio che gli è affidato gli ha dato agio di estendere i suoi sperimenti oltre i confini che i semplici saggi da laboratorio comportano; e le osservazioni per lui fatte sulle malte di arena adoperate in grandi costruzioni, come chiuse, serre, ec., offrono quindi il grado di ogni possibile certezza. Codeste osservazioni, di cui ci siamo affrettati di far tesoro, pongono quindinnanzi sotto il dominio della scienza e dell'arte, dei fatti i quali, tuttochè noti ai mugnai dell'Isle e ad altri, erano come sepolti e perduti pei costruttori.

(31) Le proprietà idrauliche delle psammite (grauwack dei Tedeschi), fosche, scistose, adoperate nello stato naturale con la calcina grassa, sono state scoperte nel 1824 dall'ingegnere signor Avril, preposto al servizio d'una divisione del canale da Nantes a Brest, nel dipartimento di Finistere. « Studiando tutte le varietà di Scisti che « costituiscono il suolo dei nostri dintorni, dice il prefato ingegnere « (Memoria sulla navigazione del Kergoat, redatta il 1 ottobre 1824) « volle la ventura che mi abbattessi in una roccia arenacea in decom« posizione, di color rosso gialliccio, il cui effetto, nello stato di « sabbia naturale, e nello stato di cemento dopo una cottura di dieci « ore in una fornace da calce, parvemi risolvere il problema che « m'era proposto. Siffatta roccia appartiene alla specie di arenarea « *(grès)* detta grauwack dai Tedeschi, e psammite dal Brongniard: « ella è tenera al segno che si può polverizzare fra i diti; s'induri« sce all'aere ed al fuoco, lo che permette di costruirne delle volte « come si fa della calcarea, per effettuirne la cottura, ec. »

La trasformazione delle psammite scistose in pozzolane mediante una cottura moderata, non è già un fenomeno nuovo nella scienza delle malte; perocchè cotali sostanze essenzialmente composte di silice, di allumina e di ferro ossidato, formano in certa guisa il passaggio

dalle rocce scistose alle argille, e sembrano anzi non differire da queste se non per una tessitura più leggiera e per le faccette micacee che si mostrano nella sua frattura. Ma ciò che costituisce realmente un fatto nuovo (fatto che presto o tardi, doveva menare al riconoscimento delle proprietà analoghe delle arene), gli è che nello stato naturale elleno agiscono con la calce grassa come pozzolane; quest'azione è per verità lenta e molto variabile, ma pure ha luogo.

(32) La pozzolana era di grande uso appo i Romani. Ecco ciò che Vitruvio ne dice: « Si trova nei dintorni di Baia e de' campi muni-
« cipî situati alle falde del Vesuvio, una generazione di polvere che
« produce effetti stupendi; mescolata con calce e con pietruzze, essa
« ha non solo il vantaggio di procacciare agli edifizî ordinarî una
« grande solidità, ma ha inoltre la proprietà di comporre delle masse
« murali che s'induriscono nell'acqua; il gran numero di terre e di
« fontane cocenti, le quali denunziano un considerevole fuoco sotter-
« raneo, cagionato dall' *infiammazione* dello zolfo, dell' allume o
« del bitume, possono spiegare quella proprietà. Così il vapore del
« fuoco e della fiamma attraversando di continuo gli strati terrestri,
« li rende leggieri, e forma un tufo arido e senza umidità; di tal
« che, codeste tre materie (la calce, le pietre e la pozzolana) modi-
« ficate dalla violenza del fuoco, se si mescolano insieme, forman corpo
« tostochè vi si aggiugne dell' acqua. La miscela acquista in poco di
« tempo, per l' umidità che riceve, una così grande durezza, che,
« nè il movimento delle onde, nè l' azione dell' acqua valgono a di-
« struggerla.

In difetto di pozzolana, i Romani si giovavano del mattone pesto, che noi diciamo *ciment* (cocciopisto).

(33) Il conte di Chaptal fu il primo a notare la diversa maniera di comportarsi verso l' acido solforico di alcune pozzolane d' Italia e del Vivarais, senza pertanto trarne alcuna conseguenza, quanto all' energia di quelle sostanze. Le osservazioni che stabiliscono in un modo generale i rapporti fra le qualità degl' ingredienti de' cementi calcarei e il loro modo di agire rispetto agli acidi ed all' acqua di calce, appartengono per intero a noi. Elleno sono state pubblicate in fram-

menti, in diversi numeri degli annali di chimica e di fisica, dal 1819 al 1826. Fino a quel tempo fu generalmente opinione presso i chimici, essere le argille più facilmente lese dagli acidi nello stato naturale, che dopo un grado qualunque di calcinazione; errore tanto più spiacevole in quanto che rendeva affatto improbabile l'intervento d'una combinazione chimica nel fenomeno della solidificazione dei cementi calcarei.

Il S. Berthier (Giornale delle miniere, tomo 8.°, pag. 356), si applicò a dimostrare, giusta l'opinione di Proust, che l'ossido di ferro non è in combinazione con la silice, siccome asseriva Berzelius, ma sì solamente interposto nelle ocre. Ciò spiega la facilità con la quale gli acidi muriatico e nitrico scolorano alcune argille ocrose.

(34) Il S. Jhon di Berlino pel primo ha mostrata l'impotenza della calce grassa la più caustica, sul quarzo. In fatti, avendo questo dotto chimico tenuto in decozione per otto ore in della polta di calce di marmo di Carrara, dodici pezzi di granato, queste pietre non vi perdettero punto del loro peso; lo stesso intervenne di due pezzi di cristallo di rocca, lasciati per sei mesi nella polta medesima.

Noi abbiamo dal canto nostro dimostrata nel modo seguente l'inazione chimica della calce idraulica verso parecchie sabbie:

Una certa quantità di sabbia fossile bianca ed affatto quarzosa, messa a macerare nell'acido muriatico, indi lavata in molt'acqua e prosciugata alla temperatura dell'acqua bollente, pesava.	p. 896, 00
Dall'altra parte si prese dalla fornace calce idraulica viva,	300, 00
Codeste materie ridotte in malta nel consueto modo, in un vase di vetro che pesava 787parti, han dato tutto compreso 2,620p.; donde segue che han preso una quantità di acqua rappresentata da	647, 00
Laonde il peso totale della malta fresca, A, era di .	1843, 00
Una sabbia granitica mista di basalte preparata come la precedente pesava.	p. 896, 00
Calce come sopra	300, 00
Acqua assorbita nelle medesime circostanze di sopra .	612, 50
Peso totale della malta B, fresca	1808, 50

Siffatte due malte, poste nelle circostanze più opportune per secondare una reazione chimica fra i principi componenti, avevano in quindici mesi perduto ciascuna 27 per 100 del loro peso. Due anni dopo la loro fabbricazione, furono ambedue disgregate dall'acido muriatico. La sabbia di A, rimasta sola, seccata e pesata fredda, ha dato 892 parti; la perdita dunque s'è trovata essere di $\frac{1}{223}$, ovvero 44 diecimillesimi. Essa è da ascriversi manifestamente alla seconda lavanda. La sabbia di B, trattata del pari, non ha pesato più che 883, lo che importa una perdita di $\frac{1}{68}$. Si sono riprese 500 parti della stessa sabbia, e si sono messe a macerare nell' acido muriatico; e perchè nell' atto della disgregazione eravi stato sviluppo di calorico, si è avuto cura in questa contropruova di similmente elevare la temperatura dell' acido, e di mantenere la sua azione per un tempo uguale: la sabbia lavata, indi seccata e pesata come prima, ha dato una mancanza di 7 per 500, ovvero $\frac{1}{71}$; questo risultamento che differisce molto poco da $\frac{1}{68}$, non lascia dubbio alcuno sulla causa della perdita offerta dalla sabbia mista di basalto; ed è forza conchiudere dalle sperienze precedenti, che la calce idraulica non ha sulle sabbie granitiche e basaltiche azione chimica maggiore, che sulle sabbie affatto quarzose.

NOTE SUL CAPO VIII.

(35) Il cocciopisto, che da tempo remotissimo si adopera nelle costruzioni, è evidentemente, giusta le nostre definizioni la più antica *pozzolana artefatta*; ma i prodotti ai quali più particolarmente si applicava cotal denominazione, innanzi che le nostre prime Ricerche venissero in luce, non rimontano che alla metà del diciottesimo secolo, alla qual' epoca l' ingegnere svedese Baggé di Gothembourg, disperando di ottenere ad un prezzo moderato la pozzolana d' Italia per le costruzioni idrauliche a lui commesse, si avvisò di calcinare degli scisti compatti, che abbondantemente rinvengonsi in Isvezia presso Wenesborg.

Il conte Chaptal, cui la scienza e l' industria professano obblighi cotanto grandi, pubblicò non guari dopo (1787) il risultamento delle

sue sperienze sulla calcinazione delle argille ocrose del Languedoc, e dimostrò che siffatte materie, debitamente scelte e preparate, comportavansi esattamente come le pozzolane d' Italia. Ma si fu nel numero e nelle proporzioni rispettive de' principi che il celebre chimico ricercò la cagione de' fenomoni. Le conseguenze dell' importante osservazione accennata nella nota 33,ª gli sfuggirono.

(36) Si sono per lunga pezza attribuite alla presenza del ferro le virtù idrauliche delle pozzolane; i nostri sperimenti sulle argille non ferruginose han fatto abbandonare siffatta opinione. Si avrebbe purtuttavolta torto di conchiuderne, che nelle pozzolane rosse, il ferro sia assolutamente passivo; ma ciò che v' ha di certo si è, che la sua presenza non è indispensabile, poichè esistono pozzolane molto energiche che non ne contengono atomo.

(37) L' ingegnere Raucourt di Charleville, al quale noi comunicammo, la vigilia della sua partenza per la Russia, le singolari proprietà che acquistono le argille calcinate in polvere su delle piastre metalliche roventate a rosso, si affrettò di ripetere le nostre sperienze in Russia; ma egli avvisò, non essere il debole grado di cottura che con questo metodo riceve l' argilla, la sola cagione del fenomeno; notabile influenza parvegli che dovesse altresì esercitare il contatto dell' aere; il qual sospetto cangiossi in certezza, dappoi che gli sperimenti diretti il menarono ad esaminare eziandio gli effetti del contatto dell' aria sul cuocimento delle calci idrauliche fattizie. (V. pag. 130 e 131 del suò Trattato delle malte). Le conseguenze ch'ei trasse dall' insieme di quelle osservazioni, sono: (V. pag. 136 dello stesso Trattato) che vi è assorbimento di ossigeno. Egli si spiega molto chiaro ancora a questo riguardo nella nota apposta al piede della paggine 161. Ma perchè siffatta opinione non apparisse congetturale, converrebbe che venisse appoggiata da prove dirette; imperocchè non è dessa la conseguenza manifesta dell' influenza favorevole del contatto dell' aere sulla trasformazione delle argille in buone pozzolane.

Nel dedicarci alle indagini di cui questo capo è il reassunto, noi abbiamo altresì studiato (nel 1818) l'azione per via umida della calce sulla silice e sull'allumina isolate e prese in diversi gradi di coesione;

le miscele composte nelle proporzioni (di volume) di 200 parti di codesti ossidi per 100 di calce grassa in pasta, han dato dopo tre mesi d'immersione, per resistenze relative alla percossa della verga di sperimento (in fine, *Avvertimento sul modo in cui gli sperimenti furono instituiti*), cioè:

	AFFONDAMENTO.
	mill.
1.° Per le miscele d' idrato di calce grassa e di silice in gelatina semplicemente essiccata all'aria. .	1, 79
2°. Per *idem*, con silice calcinata a rosso . . .	2, 50
3°. Per *idem*, con silice separata da diverse argille mercè l'acido solforico bollente	2, 85
4°. Per *idem*, con silice separata da codeste argille, debolmente calcinate	4, 16
5°. Per *idem*, con silice in polvere affatto impalpabile, estratta dal quarzo ialino mercè di triturazione e di lavande successive	Indefinitamente
6°. Per le miscele d'idrato di calce e di allumina in gelatina leggeramente disseccata	18, 17
7°. Per *idem*, con allumina debolmente calcinata.	12, 86
8°. Per *idem*, con allumina fortemente calcinata	Indefinitamente

Questi sperimenti addimostrano che la silice, senza essere solubile negli acidi, può formare un buon cemento idraulico con la calce grassa; basta per questo che la sua coesione sia molto minore di quella di cui è dotata nel quarzo.

Vedesi inoltre, essere la durezza del cemento tanto maggiore, quanto più la silice è vicina allo stato gelatinoso nel quale si ottiene col sussidio degli agenti chimici.

Quanto all'allumina ci si vede che nello stato di gelatina eziandio, la sua miscela con la calce, come che dia luogo ad un composto insolubile, non produce altro che un corpo, se non molle, di una consistenza certamente mediocrissima; noi ci siamo d'altronde assicurati che il tritossido ed il carbonato di ferro non appalesavano nelle medesime circostanze azione veruna.

È impossibile di non riconoscere l'effetto di una combinazione chi-

mica, nei casi n°. 1 e n°. 6; nè ciò dee sorprendere, essendo noto che le dissoluzioni di barite, di stronziana, di calce, ec., decompongono quelle di allumina e di silice nella potassa, e che i precipitati sono delle combinazioni binarie di allumina e di silice con una delle sostanze ora mentovate (questi curiosi fatti dovuti al celebre Guyton Morveau, sono stati dappoi confermati dal professore d'Oberciner e da John di Berlino); egli emerge manifestamente dal caso n°. 6, non essere una forte solidificazione la necessaria conseguenza della combinazione chimica di due sostanze molli o pastose, poste in contatto per via umida.

Quanto ai numeri 2, 3, 4, 5, tuttochè l'analogia meni a risguardarli benanche come delle combinazioni, pur tuttavolta non puossi ciò affermare, ove si ponga mente allo stato di coesione della silice adoperata, ed alla risaputa inazione dell'idrato di calce sul quarzo. Facciamo ciò nondimeno osservare, che non sarebbe esatto di assimilare la silice com'essa esiste nel quarzo, a quella che si separa da una combinazione; la prima non è lesa dalla soda e dalla potassa che a caldo, laddove l'altra benissimo vi si discioglie a freddo; lo che può far presumere con qualche verosimiglianza, non essere la calce, priva di azione inverso di lei.

I n. 1 e 2, che offrono la durezza dei megliori cementi idraulici, perdono ogni coesione ad un contatto più o meno lungo con l'aria.

(38) Si è proposto l'uso del fornello a riverbero, ma la polvere argillosa, nel toccare la superficie arroventita, prova, a causa dell'acqua latente che in allora svaporasi, un ebullimento che la solleva e la disperde in vortici; daltronde non è cosa agevole il ridurre in polvere fina l'argilla cruda; egli è noto che, per secca ch'ella sia, questa sostanza imbratta i macinatoi e si aggomitola sotto il pestello.

(39) L'ispettor generale di Ponti e Strade signor Bruyère s'è molto occupato della trasformazione delle argille in pozzolane fattizie, intendendo principalmente ai mezzi di conferire a cotali materie il grado di porosità di cui abbisognano, perchè sieno ugualmente in tutte le loro parti investite da un fuoco moderato: egli ha successivamente adoperato come ingredienti di separazione, la calce, la sabbia e diverse

sostanze vegetabili; i resultamenti per lui conseguiti sono tali che fanno lamentare di non averli renduti di pubblica ragione. Il Sig. di Saint-Léger ha ripetuto in grande la maggior parte dei saggi del signor Bruyère, ed ha riconosciuto che la miscela di tre parti d'argilla in polvere con una di calce grassa in pasta, era quella che dovevasi preferire; nel che si è trovato perfettamente di accordo col dotto ispettor generale.

Le pozzolane artifiziali risultanti da una moderata cottura delle argille miste di calce, danno dei cementi attivissimi e che in poche ore fanno presa; ma vuolsi convenire che siffatti cementi non raggiungono nel prosieguo che un mediocre grado di durezza; d'altronde ci sono assai cari.

(40) Noi ci siamo provveduti d'un'argilla plastica finissima, tratta nei dintorni di Loupiac (Lot) e contenente in 100 sue parti: silice 61,00 allumina 31,00 ferro ossidato apparenze imponderabili, acqua, 8,00: quest'argilla polverizzata e passata per uno staccio di seta, essendo stata messa in uguali porzioni dentro tre crogiuoli di Hesse con coverchi rientranti (e le giunture esattamente chiuse con loto di sabbia e di argilla refrattaria), ha subito in questo stato una mezz'ora circa di buono arroventamento nel centro d'un fornello a cupola. Le polveri raffreddate sempre in vaso chiuso e pesate, han dato per 100 parti.

In una prima sperienza. . .	88,71	Il cui medio è di 83,543.
In una seconda sperienza . .	88,32	
In una terza esperienza. . .	80,60	

Un'altra porzione della stess'argilla, parimente in polvere cernita, essendo stata calcinata a rosso come è solito e per cinque minuti su d'una piastra metallica arroventata, in 100 sue parti ha dato:

In una prima sperienza. . .	89,85	Il cui medio è di 89,825.
In una seconda sperienza . .	89,80	

Una seconda porzione calcinata ugualmente, ma per 15 minuti, ha dato per 100 parti:

In una prima sperienza. . .	88,50	Il cui medio è di 88,575.
In una seconda sperienza . .	88,65	

Una terza porzione calcinata come sopra, ma per 30 minuti, ha dato per 100 parti:

In una prima sperienza. . . 88,45 } Il cui medio è di 88,500.
In una seconda sperienza. . 88,55 }

Le piccolissime differenze che si osservano fra il peso delle argille calcinate in vasi chiusi, e quello delle argille calcinate in contatto dell' aria, stabiliscono incontestabilmente che non ha luogo assorbimento alcuno. Codeste differenze si spiegano, 1.° con l' ineguaglianza della durata e dell' intensità del fuoco; 2.° con le piccole perdite inevitabili in una calcinazione all' aere, massime quando si è obbligato ad agitare la materia. A che attribuire dunque la differenza reale e notabile fra le qualità ferrumentarie dell' argilla soggettata a questi due modi di calcinazione? Indarno tenteremmo noi di chiarirlo. Rimane sempre fermo che nella calcinazione in vaso chiuso, l'argilla non puole acquistare la facoltà di cedere agli acidi quella stessa quantità di allumina che cede nella consueta calcinazione. La differenza è più che della metà: una porzione dell'argilla plastica di sopra, di già calcinata in vase chiuso, essendo stata novellamente calcinata in un crogiuolo scoverto dopo otto giorni di esposizione all' aere, ha perduto $\frac{1}{100}$ del suo peso.

Una porzione della stessa argilla digià calcinata all' aere e trattata come la precedente, ha perduto circa $\frac{3}{100}$ del suo peso.

Da questo paragone risulta incontestabilmente che le argille calcinate in contatto dell' aria, godono, dopo il raffreddamento, d'una facoltà assorbente che punto non hanno le medesime argille calcinate in vase chiuso. Ma in che mai consiste tale assorbimento? È egli soltanto idrometrico? Ci è impossibile di deciderlo; del resto ecco i fatti compiuti, osservati sui cementi preparati con due argille calcinate secondo i due metodi ora descritti.

	TEMPO della presa.	DURREZZA MISURATA DALLA PERCOSSA D'UN GAMBO DOPO		DUREZZA MISURATA dall' affondamento di un punteruolo.	OSSERVAZIONI.
		cinque mesi d' immersione.	un' anno d' immersione		
1. Argilla bianca notata(2) alla tabella n.° III e cotta in polvere all'aria... 3,00 Calcina grassa in pasta. 2,00	giorni 1,50	millim. 3,25	millim. 2,50	millim. 3,40	I cementi sono stati intaccati dal gambo di sperimento, cinque o sei millimetri al disotto della superficie, e dal punteruolo al centro. Sotto la sega a molla han reso una polv. quasi asciutta. I numeri 1 e 3 eran duri superficialmente e non aderivano alle pareti dei vasi che li contenevano: i numeri 2 e 4 erano deteriorati superficialmente fino a sei millimetri di profondità e aderivano tenacemente alle pareti dei vasi.
2. Argilla *idem* cotta in vaso chiuso................. 3,00 Calcina *idem*............ 2,00	5,00	5,00	2,00	3,00	
3. Argilla ocrosa notata(1) nella tabella n.° III, e cotta in polvere all'aria 3,00 Calcina grassa in pasta. 2,00	2,50	3,00	2,00	2,00	
4. Argilla *idem*, cotta in vase chiuso.............. 3,00 Calcina grassa *idem*..... 2,00	7,00	4,00	1,70	1,80	

(41) È egli alla presenza della potassa, ovvero al grado di calcinazione soltanto che l'argilla delle acque forti deve le sue proprietà ferrumentarie? Noi abbiamo esposto, nel 1818, all'azione del fuoco, de' piccioli mattoni composti di argilla stemperata in delle dissoluzioni di sotto carbonato di potassa, contenenti da uno fino a quindici centesimi di sale, e non abbiamo osservato nessun rapporto fra l'energia dei prodotti ottenuti e le quantità di ossidi alcalini introdotti; ma dipoi, riflettendovi, abbiamo riconosciuto, che calcinando l'argilla nella forma di mattoni, poteva stare che la potassa, a causa dell'intensità del fuoco che tale calcinazione richiede, avesse agito con troppo grande energia, e che per conseguenza avesse fissati gli elementi della materia con un principio di vetrificazione, la quale, tuttochè non si scorgesse, poteva pure essere tanto sensibile che distruggesse ogni proprietà ferrumentaria.

15

Epperò, abbiamo ripresi gli sperimenti nel modo seguente: 100 parti d'un' argilla rossa effervescente (contenente di silice 42,60; di allumina 15,96; di ossido di ferro 8,00; di carbonato calcareo 24,64; di acqua 8,80) sono state stemperate in una soluzione di soda caustica, contenente 10 parti di liquore saturato; indi prosciugate per essere ripristinate nella condizione polverosa, ed indi calcinate a rosso in contatto dell'aria. E 100 parti di scisto ardesia in polvere, da prima calcinate a contatto dell' aria, non avendo dopo ciò somministrato che una pozzolana pressochè inerte, sono state distemperate in una uguale quantità di acqua di soda, indi seccate di nuovo e calcinate come l' argilla precedente.

Le due pozzolane, così preparate, sonosi mescolate in buona consistenza con della calcina grassa in pasta, ottenuta con l'estinzione ordinaria, ed i composti sono stati senza indugio immersi.

I fenomeni che seguirono l' immersione sono registrati nel prospetto seguente:

COMPOSIZIONE DEI CEMENTI.	TEMPO della PRESA.	DEPRESSIONE sotto la percossa della verga di sperimento dopo sette mesi d' immersione.
	giorni.	millim.
Calcina grassa in pasta, ottenuta con l'estinzione ordinaria . . . . 100 Pozzolana ricavata dalla semplice calcinazione dell'argilla rossa in polvere. 200	1,00	3,00
Calcina grassa, *idem*. . . . . 100 Pozzolana ricavata dalla calcinazione della suddetta argilla impregnata di soda 200	1,00	1,75
Calcina grassa come sopra . . . . 100 Pozzolana ricavata dalla semplice calcinazione dello scisto ardesia in polvere 200	120,00	12 26
Calcina grassa come sopra. . . . . 100 Pozzolana ricavata dalla seconda calcinazione dello stesso scisto impregnato di soda 200	6,00	8 00

NOTE SUL CAPO IX.

(42) Le reciproche convenienze degl'ingredienti delle malte e dei cementi calcinati furono per la prima volta fissate in un modo generale nell' opera che pubblicammo nel 1818; la legge che regola cotali convenienze è stata dipoi da gran numero d'ingegneri verificata, fra i quali vuolsi citare il Sig. Raucourt di Charleville. Il Trattato per lui messo a stampa sulle diverse calcine adoperate in Russia, sulle malte in generale, racchiude inoltre parecchi fatti importanti, de'quali noi ci siamo giovati.

Siamo ormai in grado di spiegare le contraddizioni che offrono diverse memorie relative alle malte ed alle pozzolane; queste contraddizioni, rendevano l'insieme dei fatti che si conoscevano fino al 1818, un dedalo vero, il cui filo sfuggiva alle più accorte investigazioni.

Primo esempio. Gli sperimenti fatti nel 1786, al porto di Cette dai signori commessarî degli Stati di Languedoc in occasione delle indagini del conte di Chaptal sulle pozzolane fattizie, stabiliscono in modo autentico che le pozzolane del Vivarais sono molto inferiori a quelle d'Italia. Ciò non pertanto, nel supplemento alla prima memoria sulle pozzolane, per Faujas de Saint-Fond, si trovano degli sperimenti, instituiti ugualmente con molta diligenza, dai quali si desume precisamente il contrario. Deriva la discrepanza da questo, che gli uni adoperarono calcina eminentemente idraulica (calce di Montélimart), e gli altri calcina grassa dei dintorni di Cette; or la calcina eminentemente idraulica adoperata con le pozzolane molto energiche d'Italia, doveva infatti dare al Faujas, de'risultamenti inferiori a quei ch'egli nello stesso tempo otteneva da una pozzolana mediocre mista con la calcina medesima.

Secondo esempio. Gli scisti ardesia che l'ingegnere G. Lepère denunziò nel 1807 come sostanze atte a trasformarsi, mediante un'alta calcinazione, in pozzolane simili a quelle d'Italia, hanno tradito tutti i costruttori che hanno voluto farne uso. Ciò è, perchè i bitumi di sperimento sui quali quell'ingegnere appoggiava il suo paragone, eran

composti con calcina idraulica di Grosvillé, la quale conveniva infatti ad una pozzolana debolissima; laddove, servendosi di calcina grassa, la convenienza cessava di aver luogo.

Terzo esempio. Gl' ingegneri militari addetti ai lavori di fortificazione di Alessandria (Piemonte) non paghi della durezza del bitume preparato con calce di Casale e mattone pesto di prima cottura, s'avvisarono di fortemente calcinare questa polvere in un fornello a riverbero, con che conseguirono resultamenti migliori. La ragione si è, che dando un alto grado di cottura alla loro pozzolana fattizia, ei la resero pozzolana poco energica, e che in tale stato essa conveniva assai bene alla calce di Casale ch' è idraulica.

Troppo lungo saria l' enumerare tutti gli errori cui dette luogo l' incertezza de' nostri maggiori sulla convenienza reciproca degl' ingredienti delle malte e dei cementi calcarei. È duopo credere che Vitruvio, facendo consistere le qualità della calce nella sua bianchezza e nel suo accrescimento di volume, considerava questa sostanza soltanto rispetto alla sua miscela con le ottime pozzolane de' dintorni di Roma, e non già con le sabbie pure, quarzose o calcaree. Or tutti coloro, che dopo di lui hanno scritto di architettura, puntualmente han ripetuto in un senso assoluto, che i marmi più duri ed i più puri fornivano le migliori calcine.

NOTE SUL CAPO X.

(43) Noi ci siamo limitati, nel capo I, ad una semplice definizione per ciò che riguarda le calci magre; di poi abbiam cessato di più parlarne per una molto semplice ragione, cioè che le si adoperano assai di rado, e che si fa benissimo di non adoperarle; imperocchè, oltre di non crescere di volume, a somiglianza delle calci idrauliche, elleno hanno tutte le qualità negative delle calci grasse. Purtuttavolta, ove non sieno affatto scevre di proprietà idrauliche, ed in mancanza di altre, è forza farne uso. Egli è chiaro che allora fa duopo modificare in rispetto a loro ciò che noi dicemmo delle proporzioni, dappoichè in eguali volumi codeste calci racchiudono effettiva-

mente maggior quantità di ossidi terrosi o metallici, che non le calci mezzanamente idrauliche, alle quali sono assimilate.

Così, se l'ingegnere Sig. De Laroche, negli sperimenti per lui fatti a Brest con una calce magra molto poco idraulica, ha riconosciuto che non si confermava il precetto, *torna meglio peccare per difetto che per eccesso di calcina*, egli è perchè un tal precetto non è nel fatto applicabile che alle calci grasse o mezzanamente idrauliche.

(44) La grande quistione sul miglior metodo di estinzione è stata per lungo tempo agitata fra i costruttori; non dee recar meraviglia che gli uni l'abbian risoluta in favore dell'immersione, e gli altri in favore del metodo ordinario. Ciascuno si è servito de' materiali che sonogli caduti fra mani, senza pur pensare che il resultato della sua esperienza non potrebbe esattamente ed a tutto rigore convenire che a quei soli e medesimi materiali. Il solo Faujas sembra avere intraveduto che la calce, a tenor della sua natura, si presta di preferenza più a questo metodo di estinzione che a cotal altro; perciocchè ei dice in una nota della sua Memoria, parlando dell'immersione, « allorquando si è nel caso di fare uso d'una eccellente calce « viva (noi supponiamo che per calce viva abbia il citato autore « voluto intendere una calce idraulica) non è indispensabile di pra- « ticare il metodo di de Lafaye; ma ogni qualvolta siesi obbligato di « adoperare calce di mediocre qualità, io consiglio a farne uso. »

Noi ci proveremo di chiarire come l'estinzione, eseguita nel tale o nel tal'altro metodo, possa esercitare una grande influenza sulle qualità de' cementi di calcina grassa immersi. Egli è certo che tutti i principi esistenti nella calce viva vi sono tuttavia dopo l'estinzione, perciocchè il fumo prodottosi nell'effervescenza non è altro, siccome per noi fu mostro, che un' acqua vaporizzata, epperciò non puossi ammettere nè decomposizione d'una porzione dell'acqua di estinzione, nè sviluppo della piccola quantità di acido carbonico che le calci vive commerciabili sogliono ritenere. Quindi la calce non perde nulla di ciò che conteneva; essa riceve dell'acqua, e con l'estinzione spontanea riceve inoltre dell'acido carbonico.

Ma dalle particolarità esposte nel capo V risulta, che la calce grassa, estinta spontaneamente o per immersione, puossi a prima giunta ridurre in pasta con una quantità di acqua molto minore di quella di cui ha duopo per raggiugnere il termine di saturazione che le conviene; or restandole la facoltà di compiere tal dose mediante una lunga immersione, ne segue necessariamente, che interposta in una massa di cemento idraulico, ella ne dee solidificare in brev'ora tutta l'acqua libera, e sollecitare così la presa della miscela, aumentando in pari tempo la sua capacità. Un cangiamento di volume assai lieve, conseguenza di questa operazione, s'è soventi manifestato nel corso de' nostri sperimenti con la rottura de' vasi che contenevano il cemento immerso. Tutto dunque si chiarisce da sè con l'aiuto di queste considerazioni.

Questa facoltà assorbente delle calci estinte spontaneamente e per immersione ha evidentemente per misura la differenza del peso totale dell' acqua che loro conviene, a quello dell' acqua che hanno provvisoriamente ricevuta per essere ridotte in pasta. Ora siffatta differenza è massima nelle calci grassissime, ed è minima nell' eminentemente idrauliche; quindi nel modo il più semplice si rende chiaro l'andamento dei fenomeni che si osservano, ed il nesso di questi stessi fenomeni coi diversi gradi di grassezza o di magrezza delle calci adoperate.

(45) Ma codeste considerazioni non comprendono che una certa parte della scala, perocchè elle non mostrano come l'estinzione ordinaria finisca per prevalere sulle due altre quando si arriva alle calci idrauliche, ed a *fortiori* alle calci eminentemente idrauliche. Si può dire per verità che dal primo al secondo metodo la differenza allora è poca cosa. Ma dal primo al terzo essa è notevolissima; ora considerando le calci idrauliche ed eminentemente idrauliche come cementi naturali con eccesso di calce, si comprende che l' influenza di un' atmosfera più o meno umida dee finire col provocare la combinazione chimica de' princìpi constitutivi, combinazione tanto più tenace, quanto più le proporzioni di cotai princìpi si avvicinano a quelle che costituiscono i veri cementi naturali. Ora è questo appunto

il caso delle calci eminentemente idrauliche; di tali calci dunque, esposte per lungo tempo all'aere, finiscono per non essere più che una specie di *caput mortuum* privo di ogni virtù ferrumentaria.

(46) La forza delle malte, risguardate come aggregati, risiede evidentemente nell' idrato di calce ch'è come la base che involve i granelli della sabbia; egli è dunque manifesto che quanto maggiore sarà la densità dell' idrato, tanto lo sarà del pari la resistenza della miscela, e ciò indipendentemente da tutte le modificazioni molecolari nascenti dall' adesione, che lega la sabbia alla calcina; dappoichè per queste modificazioni la densità propria dell' idrato non puole che avvantaggiare. Sicchè, in mancanza di sperimenti, il solo raziocinio ne avrebbe menati alla regola stabilita.

(47) I cementi non sono da assimilarsi agli aggregati (quelli almeno che sono ben preparati con pozzolane ridotte in polveri molto fine); quì non v'ha base apparente, nè vi s' interpone alcun corpo solido a distanze valutabili. La lega; risulti essa o no da una chimica combinazione dei principi, è fisicamente costituita come un corpo ómogeneo; il perchè poco cale che la calcina, pria di mescolarla con l'ingrediente polveroso che le si destina, sia molle o soda, quando in fin di analisi la miscela puole ridursi alla debita consistenza argillosa; la qual cosa è quasi sempre possibile, dappoichè le pozzolane, a causa della loro facoltà assorbente, chiedono generalmente il più delle volte un' addizione di acqua, ed allora se ne regola la dose per modo che si raggiunga il termine stabilito.

(48) Questo metodo di estinzione è stato costantemente praticato nei lavori del ponte Angoulême, a Souillac, e la buona riuscita delle fondazioni ne ha giustificato l'uso.

(49) Il Sig. Laguerenne, ingegnere di Ponti e Strade, preposto alla costruzione del ponte Carlo X, a Lyon, ha seguito a puntino il metodo di fabbricazione e d'immersione prescritto in questo capo; egli ha fatto uso d'una calce semplicemente indraulica, e per tutto ingrediente non ha adoperato che della sabbia e dei ciottoli. Il bitume è stato immerso freddo in un' acqua rapida e dentro uno spazio scavato, ed il buon successo di tal procedimento fu tale, che dopo do-

dici o quindici giorni si poterono gettare le fondamenta fino a 2 e 3 metri d' altezza. Le enormi pietre da taglio di che si componevano i filari, rotolavano sull' area di bitume come su d' un macigno.

I muratori lionesi, che di frequente adoperano il bitume nelle fondazioni, smorzano la calce per aspersione ricoprendola con sabbia, impastano ed amalgamano le materie con molt'acqua ed adoprano la miscela ancor calda; un tal metodo riesce mediocremente. Allora quando il bitume è rattenuto fra le caselle d'un graticolato, e la fondazione è principalmente impiantata sull'orditura della graticola, poco cale che il bitume si distemperi, si gonfi e che impieghi poi lungo tempo ad indurirsi: la fondazione sussiste sempre ugualmente; ma nel caso precedente la cosa sarebbe ita diversamente. La lentezza dello assodamento appena avrebbe permesso di gettare le fondamenta dopo un anno o quindici mesi d' immersione; la rapidità della corrente avrebbe di certo scalzato il bitume, e probabilmente l'immersione stessa sarebbe stata impossibile, poichè la calcina dissipatasi, non avrebbe lasciato per residuo che della sabbia e dei ciottoli senza legame.

(50) I lavori di navigazione di La Vezère offrirono non ha guari uno spiacevole esempio del pericolo di adoperare la calce non perfettamente estinta; sia per guadagnare sul tempo, sia per altro motivo qualunque, fu creduto potersi dispensare dal lasciare in riposo la calce idraulica di cui si faceva uso, dopo l'estinzione. Le masse murali non manifestarono nulla di straordinario in fino a che potettero mantenersi allo asciutto durante le basse acque della state; ma appena le piene invernali sopravvennero e sommersero i lavori, la malta gonfiossi con forza tale che le pietre da taglio del paramento de' muri di sponda furono in molti siti spinte fuori, e segnatamente nelle spalle dei muri d'ala; in una parola, questi accidenti furono causa della ricostruzione di due sostegni.

(51) I fenomeni descritti in questo paragrafo sono facili a comprendersi: l'acqua comincia ad esercitare la sua azione dissolvente sui cementi deboli, o troppo grassi, subito dopo l'immersione. Essa agisce da prima sullo strato superficiale sottilissimo col quale è in contatto, indi assalisce lo strato seguente, ec. Ma la sua azione è ritardata

dalle difficoltà che oppone la superficie già alterata, e queste difficoltà aumentandosi con una rapida progressione, permettono al cemento d'indurirsi più o meno, secondo che la sua natura il comporta; e perchè tale solidificazione ha un termine, mentre l'azione dissolvente d'un'acqua rinnovata è indefinita, ne segue di necessità l'accrescimento lento e successivo della spessezza dello strato molle di cui si fece parola.

L'ingegnere di Ponti e Strade Sig. Petot, addetto come alunno ai lavori del ponte Duc de Bordeaux a Saumur nel 1824 fece dei belli sperimenti circa l'azione dell'acqua sulla superficie delle malte di calcina idraulica e sabbia quarzosa; egli osservò, che nei primi tempi dell'immersione, la presenza delle materie silicee esercitava una grande influenza, la quale sembrerebbe annunziare un'azione molecolare che molto importerebbe di accertare. Ecco in un quadro il reassunto degli sperimenti del signor Petot.

DIMOSTRAZIONE DEI COMPOSTI SOGGETTATI ALLO SPERIMENTO.	QUANTITÀ di calcina disciolte in 1000 parti d'acqua dopo tre giorni d'immersione.
1.° Idrato di calce idraulica estinta spontaneamente. . . .	1, 030
2.° Malta composta di 100 di sabbia e di 100 d'idrato della stessa calce.	0, 560
3.° Malta composta di 150 di sabbia e di 100 d'idrato. .	0, 540
4.° Malta composta di 200 di sabbia e di 100 d'idrato. .	0, 607
5.° Malta composta di 250 di sabbia e di 100 d'idrato. .	0, 601
1.° Idrato di calce idraulica estinta col metodo comune. .	1, 100
2.° Malta composta di 100 parti di sabbia e di 100 d'idrato della medesima calce	0, 840
3.° Malta *idem*, composta di 150 di sabbia e di 100 d'idrato	0, 500
4.° Malta *idem*, composta di 200 di sabbia e di 100 d'idrato	0, 450
5.° Malta *idem*, composta di 250 di sabbia e di 100 d'idrato	0, 630

« Da questo prospetto è chiaro, dice il S. Petot, non esser già « col diminuire i punti di contatto con l'acqua; che si scema la so- « lubilità; dappoichè, se così fosse, dovrebbe tal solubilità diminui-

« re a misura che la quantità di sabbia aumenta, lo che è contra-
« rio ai fatti.

» Le parti di acqua madre raccolte per ciascuna mostra, eran « di circa 130 grammi, or più or meno della metà della quantità « totale in cui ciascuna di esse era immersa; esse furono feltrate e pre- « cipitate dal binossalato di potassa. Potrebbesi obbiettare che una me- « desima mostra molto omogenea, divisa in più parti perfettamente « uguali ed immersa in diverse dosi d'acqua darebbe altrettante so- « lubilità diverse: dappoichè a superficie di contatto uguali o quasi « uguali, conviene che ciascuna parte possa cedere lo stesso peso di « calce; ma una tale osservazione non ha più fondamento nel caso « attuale in cui i volumi di acqua, non che le loro differenze sono « piccolissime.

» Le solubilità relative a ciascuna mostra, essendo perfettamente « in rapporto con la durezza apparente acquistata dalla mostra nel mo- « mento dell'esperienza, ne segue che le proporzioni di sabbia ris- « pondenti alla solubilità minima, sono eziandio quelle che darebbe- « ro alla lega la massima durezza. »

(52) Egli è chiaro, non essere le osservazioni di questo paragrafo applicabili che ai primi dieci o quindici anni dopo l'immersione. Non potevamo noi valutare l'influenza dei secoli; essa produce, anche fra gli elementi costitutivi delle miscele di quarzo e di calce grassa poste in certe particolari circostanze, delle reazioni difficili a spiegare; reazioni dalle quali a lungo andare risulta una forza di coesione che nulla lascia a desiderare. Ma, come altrove si disse, delle malte che restan deboli per più d'un secolo, sono per noi come se giammai non s'indurissero; conciossiachè i nostri ponti, i nostri sostegni, i nostri moli, le nostre dighe, ec., debbono alcuna fiata lottare, anche prima di essere ultimati, contro le acque, le alluvioni e le intemperie.

NOTE SUL CAPO XI.

(53) Si scelse una sabbia calcarea di grana simile a quella della sabbia granitica della Dordogne, e se ne composero due malte nelle seguenti proporzioni:

N.° 1.	Calcina idraulica in pasta.	100, 00
	Sabbia calcarea.	100, 00
N.° 2.	Calcina *idem*.	100, 00
	Sabbia *idem*.	150, 00

Si composero parimente due altre malte in proporzioni simili, denotate co' numeri 1 *bis* e 2 *bis*, con della sabbia granitica. Codeste diverse miscele, divise in quadrelli ed esposte le une alle intemperie, e le altre all' influenza d' una terra umida, per lo spazio di quattordici mesi, hanno dato le seguenti resistenze assolute per centimetro quadrato.

Malte esposte all' aria.	N.° 1. . . . . chil.	15, 19
	N.° 1. *bis*. . . . . »	12, 24
Idem	N.° 2. . . . . »	16, 99
	N.° 2. *bis*. . . . . »	16, 80
Malte sepolte.	N.° 1. . . . . »	12, 72
	N.° 1. *bis*. . . . . »	12, 00
Idem	N.° 2. . . . . »	13, 68
	N.° 2. *bis* . . . . »	12, 48

La superiorità è quindi sempre dalla parte della sabbia calcarea; ma si vede nel tempo stesso che le differenze sono poco notevoli.

(54) Vuoi che il caso vi abbia contribuito, vuoi che i Romani conoscessero le convenienze scambievoli delle qualità della calce e della grossezza delle sabbie, essi sovente adoperarono le sabbie a granelli disuguali con le calcine mezzanamente idrauliche, e la grossa sabbia, anzi talvolta la ghiaiuola, con la calcina grassa; di ciò fan fede i vestigi di acquedotti, di anfiteatri, di terme, ec., che veggonsi a Cahors, a Vienna ed altrove. Monge, visitando le rovine di Cesarea in Siria, trovò delle modinature e degli ornati impressi a rilievo sopra massi di malta appartenenti a de' contrafforti che sostenevano gli avanzi d' un tempio sacro ad Augusto; i rilievi eran corrosi, ma non interamente consunti; la malta era sì dura che il Monge si provò indarno di romperne un pezzo, ed ella si componeva d' una finissima sabbia e d'una piccola quantità di calcina, che pel suo color bigiccio

faceva presumere dover essere idraulica. Gli antichi ripari di Viviers (Ardèche), i quali non poteronsi distruggere che mediante la mina, eran collegati con malta composta di sabbia finissima e calcina bianca eminentemente idraulica; questa calce di cui fassi tuttora uso in oggi, è generalmente nota sul Rodano per la sua ottima qualità. Egli è probabile che nella scelta della sabbia de'citati esempi abbia avuto parte più il caso che l'intenzione; ma ciò non impedisce ch'essi, come *fatti*, rafforzino le nostre sperienze e confermino i principi stabiliti nel capo XI.

(55) Le parti melmose o argillose tolgono alle polveri ed alle sabbie che ne sono fortemente impregnate, la facoltà di formare con le calcine eminentemente idrauliche, ed a maggior ragione con le grasse, delle malte capaci di resistere alle intemperie. L'antico canale del Nivernais ne rende visibile attestato. I sostegni e le altre opere d'arte costruite trentasei anni addietro con malta di calce mezzanamente idraulica e sabbia arena, erano in uno stato deplorabile, allorchè si ripigliarono tali lavori. Egli è segnatamente di rincontro allo stagno di Baye che la prava qualità di codeste malte facevasi maggiormente notare; non vedevasi altro fra i rottami de'muri rovinati, che una polve rossiccia nella quale invano si sarebbe ricercato un frammento solido della grandezza d'una noce.

(56) La dimostrazione degli effetti dell'estinzione, per le malte di calcina grassa esposte all'aria, pare altrettanto semplice che pel caso delle malte immerse; ed è chiaro in fatti, che la calce la quale ha ricevuto meno acqua sia eziandio quella che ne ha meno da perdere nella essiccazione, e che in somma, siavi più materia e quindi maggior densità in un volume di malta la cui calce sia stata smorzata per immersione o spontaneamente, che non in un pari volume di malta la cui calce abbia subito il maggiore aumento di volume possibile mercè l'estinzione ordinaria. In appoggio di quanto fu detto su tale argomento nella nota vigesima, noi aggiugneremo i seguenti fatti: 100 parti in peso di calcina grassa in pasta, estinta col metodo comune, pesavano dopo quindici mesi di esposizione all'aere (in piccolo volume), 59,60; 100 parti della medesima calcina in pasta di ugual consistenza ottenuta per immersione, pesavano alla stessa

epoca 77,10; ora i due idrati erano allora pervenuti a quel punto in cui ogni influenza esteriore è cessata, vale a dire in cui il loro peso non variava più che insensibilmente, talora positivamente, e talaltra negativamente, per un effetto semplicemente igrometrico; giova notare altresì che i volumi erano presso che uguali al principio dell'esperimento. Laonde la densità dell'idrato di calce estinta col primo metodo, supposto impossibile il restringimento, non sarebbesi trovata essere infine che 0, 77 di quella della stessa calce estinta per immersione. La preminenza dell'estinzione spontanea sull'estinzione ordinaria si spiega e si comprende in un modo affatto consimile; ma le differenze di densità non possono più invocarsi allorquando si paragona l'estinzione per immersione con l'estinzione spontanea; la superiorità di quest'ultimo metodo dipende da cagioni tuttora ignote.

Nelle calci semplicemente o eminentemente idrauliche, la qualità ferrumentaria domina tutto il resto, e le differenze di densità, daltronde piccolissime, dispariscono in certo modo, dinanzi agli effetti di aderenza dovuti alla perfetta suddivisione della materia. L'influenza negativa dell'estinzione spontanea non ha del resto altra causa che quella accennata nella nota quarantacinquesima.

(57) Le opinioni sono generalmente unanimi intorno alla cattiva qualità di una malta dilavata; gli antichi insistevano sulla necesssità d'impastare la malta senz'altra addizione di acqua: la buona malta, essi dicevano, non vuole essere innaffiata che col sudore dell'operaio. Per verità tutta la gagliardia e tutta l'attività del miglior galuppo non verrebbero a capo d'incorporare una sabbia asciuttissima con dell'idrato di calce idraulica molto sodo (stando le proporzioni delle due sostanze fra i limiti consueti); in tal caso è mestieri aggiugnere dell'acqua; nè v'ha in ciò inconveniente, qualora non si oltrepassi la misura necessaria. La cosa più difficile ad ottenere in un cantiere, è la buona fabbricazione della malta; la qual difficoltà suggerì a varî costruttori l'idea di adoperarvi le macchine, onde così rendere la manipolazione indipendente dalla volontà e dalla forza degli operai. Fra i tentativi più o meno ingegnosi che potrebbonsi citare, quello che sembra esser meglio riuscito consiste in fare scorrere sulla calcina e la

sabbia poste in un truogolo circolare una robusta ruota costrutta nella foggia usuale. Il movimento le s'imprime da uno o due cavalli attaccati ad un vette; questo espediente immaginato dal signor di Saint-Léger, è stato adoperato nella fabbricazione delle malte idrauliche del canale Saint-Martin; vuolsi convenire che nella malta in tal guisa impastata, la sabbia e la calcina si rimescolano assai bene ed in consistenza sempre uniforme, e che notevole è il risparmio della mano d'opera; ma è certo altresì che la miscela è lungi dal raggiugnere il grado di sodezza che si richiede; del resto giammai non vi si perverrà con mole, ruote o ingranaggi. Gli è al pestello che fa duopo rivolgersi per risolvere il problema, e la soluzione non è scevra di difficoltà; in fatti, non basta percuotere forte e presto, ma deesi percuotere a proposito, vale a dire in modo che non vada perduto il colpo. Ora in questo consiste l'abilità, e di ciò le macchine non sono suscettibili che fino a certo punto.

Ei non è soltanto dal difetto di compattezza della calce che deriva la cattiva qualità delle malte dilavate; essa dipende inoltre da una cagione chimica che giova conoscere, cioè: che l'acqua ministrata in grande quantità tende a decomporre il silicato di calce con eccesso di base, ed a ridurlo nello stato di silicato neutro.

Ed infatti il S. Berthier ha notato, che se prendesi una calce idraulica allora tratta dalla fornace, e composta per esempio di 555 parti di calce pura per 400 di silice, che la si smorzi e rimeni in un gran volume d'acqua, non si raccoglieranno con la feltrazione che 615 parti di materia non disciolta o silicato neutro, composto in allora di 400 parti di silice e 215 di calce.

Che se invece si mescesse l'acqua in piccola dose, essa sarebbe sorbita e solidificata in gran parte per combinazione, e la decomposizione non avrebbe luogo. Ora egli non è a dubitare che l'idrosilicato di calce, in cui tutto è chimicamente collegato, non sia migliore della semplice mescolanza d'idrosilicato neutro e d'idrato di calce pura, che viene a formarsi adoperando una troppo grande quantità di acqua.

Ma, salva quest'ultima considerazione, non sarebbe impossibile di

restituire ad una malta molle la compattezza che risulta da una soda consistenza ottenuta a prima giunta; per ciò conseguire, converrebbe sparpagliarla al sole ed all'aere, onde svaporarne l'acqua sovrabbondante, ed indi ribatterla con un pestello entro un recipiente all'uopo predisposto. Gioverebbe conoscere fino a qual punto una malta così preparata può equiparare quella che risulta immediatamente da una regolare manipolazione. Questo problema è importante precipuamente nel rispetto del risparmio della mano d'opera di fabbricazione.

(58) Questo modo di garantire la mano dell'operaio dalla causticità della calce, fu immaginato dal Sig. di Silguy ingegner superiore di Ponti e Strade, addetto al canale da Nantes a Brest; gli operai se ne accomodavano sì bene, e ne apprezzavano talmente l'efficaçia, che avrebber finito per abusarne se non vi si poneva mente.

L'imbevimento dei materiali è certamente un soprappiù di mano d'opera di cui fa duopo tener conto nei computi estimativi. Egli è vero che le pietre vive, come i graniti, il quarzo, le molari, le calcaree, i marmi ec., basta semplicemente bagnarli nel momento che si pongono in opera; ma la sola aspersione non sarebbe sufficiente pei materiali porosi ed assorbenti, come i mattoni, le calcaree tenere o arenacee, le arenaree, ec: quando si hanno di simili materiali, fa duopo bagnarli di continuo e tenerli in uno stato permanente d'inzuppamento. Onde pervenirvi ed evitare ogni frode, ci giova d'innacquare in massa il cumulo dal quale essi si traggono, affinchè possano arrivare inzuppati nelle mani dell'operaio. Nei grandi cantieri una tromba da incendi che lanci l'acqua e la sparga a grandi distanze è particolarmente adattata all'uopo. In questa guisa l'ispettor generale signor Deschamps faceva innaffiare, al ponte di Bordeaux, i mattoni accatastati sui ponti di servizio.

(59) L'influenza di una lenta essiccazione sulla bontà delle malte di calcine idrauliche, è da lungo tempo conosciuta in Italia. Si fabbricano in Alessandria di Piemonte delle pietre fattizie che si chiamano *prismi*, perchè sendo principalmente destinate alla costruzione delle cantonate e dei tagliacqua, essi hanno infatti la forma d'un prisma triangolare. Si adopera a questo fine una calce idraulica che ricavasi

dai dintorni di Casale; la si smorza col metodo comune, e dopo cinque o sei giorni di macerazione, si mette nel mezzo d'un bacino formato di sabbia a granelli disuguali, dalla grossezza della sabbia ordinaria fino a quella della grossa ghaiuola. Questa sabbia è eminentemente quarzosa e contiene talvolta degli avanzi calcarei; indi si fa la miscela con molta diligenza; si prepara una fossa prismatico-triangolare di lunghezza arbitraria ed in un suolo di livello ed al sicuro contro le innondazioni; se ne uguagliano le pareti con la cazzuola e con acqua, e dentro vi si fabbricano i prismi per istrati successivi, inserendo nella malta dei ciottoli di ugual grandezza regolarmente distribuiti. Si ricoprono da ultimo i prismi con la terra medesima del cavo, in guisa che siavi sempre di sopra una spessezza di 30 centimetri. Le proporzioni per un metro cubo sono: calcina in pasta m. 0, 24, sabbia inuguale m. 0, 9, e ciottoli m. 0, 20.

Si dà ai prismi m. 1, 40. di lungbezza e m. 0, 80 di lato; sogliono lasciarsi sepolti per tre anni, ma due anni bastano quando la calce è di prima qualità; dopo questo tempo si disotterrano per farne uso. Possono allora resistere a di grandi pressioni; noi abbiam veduto precipitarne gli uni sugli altri dall'altezza di sei a sette metri: essi si smussavano ma non si spezzavano.

Abbiamo lasciato nell'acqua per un'anno un quadrello di malta composta di sabbia comune granitica e di calce ordinaria estinta spontaneamente, ma involto in un cemento idraulico per impedire il contatto immediato del fluido; indi l'abbiam tratto e dispogliato del suo involucro per collocarlo sul suolo umido d'una cantina, e quindi poco a poco su dei piani più elevati. A capo di alcuni mesi, le parti esterne di questo mattone sembrando molto dure, lo femmo di salto passare dalla cantina al tetto per accelerarne un poco, la essiccazione, ed alquanto tempo dopo fu soggettato allo sperimento. Nel momento della rottura, la parte distaccata si divise in due pezzi, dei quali uno sortiva dall'altro presso a poco come il torlo esce dal bianco dell'uovo quando esso è molto cotto. La parte esterna era mediocremente dura, ma l'interna si disfaceva facilmente fra i diti. Esponemmo novellamente all'azione dell'aria il pezzo in cui la separazione non aveva

avuto luogo, quasi certi che dopo qualche mesi la parte esterna e l'interna non offrirebbero differenza alcuna; ma non fu così: la seconda non giunse mai ad uguagliare in durezza la prima; la differenza era, ed è sempre stata tale, che esiste una soluzione di continuità ben distinta fra quelle due parti. L'atto dunque della solidificazione è stato violentemente interrotto dal passaggio d'un aere fresco ed umido ad uno caldo. Questo fatto era troppo grave perchè noi ce ne stessimo ad un solo sperimento; ma quelli posteriormente ripetuti hanno tutti presentato lo stesso fenomeno.

Vitruvio (lib. II, cap. VIII) cita molti esempi di edifizi rovinati in poco tempo intorno a Roma per causa della troppo sollecita essiccazione delle malte. La calcina, egli dice, abbandona la sabbia, se le pietre (della muratura) sorbiscono pei loro pori tutta l'umidità.

(60) Il Sig. John riferisce nella precitata Memoria, che nel demolire, non è gran tempo, uno dei piloni della torre di San Pietro a Berlino, fabbricato circa 80 anni addietro con 27 piedi di diametro, si trovò nel mezzo della muratura la malta fresca come se la fosse stata adoperata il giorno innanzi; essa aveva il sapor caustico, e bagnata con acqua dava del latte di calce. Ma s' incontrano assai spesso delle buone malte nelle fondazioni e nei grossi muraglioni del medio evo. Soventi volte ci siamo noi stessi assicurati della natura della calce adoperata in tali malte, esaminando le particelle o grumi non misti di sabbia, ed abbiamo il più delle volte riconosciuto ch' ella era grassa o molto debolmente idraulica. Dal che segue che dopo sei o sette cento anni di macerazione favorita dall' umido permanente del suolo sotto di cui sono sepolte, le malte di calcina grassa giungono alla perfine ad indurirsi; il tempo è un po' lungo. In appoggio di tali osservazioni riferiamo le analisi instituite dal Sig. John di alcune malte vecchie o antiche di ottima qualità.

PROSPETTO DELLE PARTI COSTITUENTI,

contenute in cento parti di malta.

INDICAZIONI	ACIDO carbon.	CALCE.	SILICE. disciolta	ACQUA.	Granelli di quarzo coo 2 o 3 per 100 di sabbia contaminata dall'argilla e dall'ossido di ferro che si separano con la lavanda.	ALLUMINA e ferro disciolti
1.° Malta di seicento anni della cattedrale di Brandebourg.	5, 00	8, 70	1, 25	1, 30	83, 75	» »
2.° Malta di seicento anni, delle fondamenta della chiesa di S. Pietro a Berlino, in un sito dove il suolo è costantemente impregnato di umido.	1, 75	9, 25	3, 75	6, 75	78, 50	» »
3.° Malta romana, d'un antico muro di città, eretto a Colonia sotto di Agrippa nel 1. secolo dell'era cristiana	9, 00	15, 16	0, 25	4, 00	68, 00	2, 75
4°. Malta romana di una torre antica edificata da Agrippa nella stessa epoca.	12, 00	24, 00	0, 25	5, 00	56, 00	2, 75
5°. Malta romana tratta da un bitume esistente nel Reno.	2, 25	6, 90	0, 35	1, 00	89, 50	» »

Se questi risultati si traducono approssimativamente nel linguaggio tecnico, si trova,

CIOÈ:

Per la composizione della malta n° 1.	Calce idraulica in pasta .	100	Questa traduzione suppone: 1°. Che secondo ogni apparenza la silice, l'allumina ed il ferro disciolti appartenevano alla calce; 2°. che il metro cubo di sabbia quarzosa pesa 1400 chil. e lo stesso volume di calce viva senza vuoti parimente 1400 chil. 3°. che la calce semplicemente idraulica ha dato 1,50 per 100, con l'estinzione; la calce eminentemente idraulica 1,00 per 1,00 e la calce grassa o debolmente idraulica 2,00 per 1,00. Queste ipotesi conformi ai resultamenti medi dell'esperienza, debbono di poco allontanarsi dal vero.
	Sabbia quarzosa	560	
Per quella del n° 2.	Calce eminentemente idraulica in pasta . . .	100	
	Sabbia quarzosa	604	
Per quella del n° 3.	Calce grassa in pasta. .	100	
	Sabbia quarzosa	187	
Per quella del n° 4.	Calce grassissima in pasta	100	
	Sabbia quarzosa	137	
Per quella del n° 5.	Calce debolmente idraulica	100	
	Sabbia quarzosa	617	

Da questo prospetto si rende manifesto, che l'influenza delle qualità della calce e delle proporzioni, dispare dinanzi a quella dei secoli, poichè le cinque malte analizzate eran tutte molto dure, e segnatamente i numeri 3, 4 e 5. Ma codesta maravigliosa influenza del tempo si osserva soltanto, siccome altrove fu notato, nelle malte di fondazione, ovvero in quelle collocate nel mezzo di robuste masse murali, in que'siti in fine, dove l' umidità puossi costantemente conservare.

NOTE SUL CAPO XIII.

(61) Taluno ha creduto osservare che i cementi di pozzolane artifiziali, derivanti dalla calcinazione di argille poco o nulla ferrugginose, sono i più soggetti a deterioramento, quando fannosi passare di repente, ovvero anche per gradi da un luogo umido ad un'aria asciut-

ta; l'ossido di ferro sarebbe quindi favorevole ai cementi esposti all'aere. Le osservazioni per noi fatte su tal genere di fenomeni sono in numero troppo scarso perchè possano aggiugner peso a tale opinione, la quale non pertanto era bene che si enunciasse.

(62) Nella stessa Italia, dove mitissimo è il clima, gl'intonachi verticali con cemento di pozzolana esposti al nord finiscono per iscapitarvi, e si ristaurano con mastici grassi variamente composti. I cementi deboli, sopraccarichi di calcina, o derivanti da cattiva manipolazione, si sbricciolano, o subiscono una disgregazione per efflorescenza come i laterizi mal cotti. I cementi di buona qualità si spezzano per ischegge. Questi effetti della gelata sono disgraziatamente attestati da esempî pur troppo autentici. Ed infatti, si consulti il Genio Militare sui rattoppamenti di cementi fatti ai rivestimenti delle Piazze forti nel settentrione della Francia; gl'ingegneri di Ponti e Strade sugli stessi cementi adoperati nelle chiuse, e tutt'i proprietarî di opificî, od altri che sieno stati nella circostanza di farne uso, sia come intonachi verticali, sia per terrazze, ec.; tutti risponderanno affermativamente.

Ma l'intervento della sabbia modera potentemente la forza espansiva dell'acqua congelata, assimilando i cementi, dei quali essa modifica la tessitura, alle pietre porose o feltranti, alle arenaree, alle calcaree arenacee, ec. Ed invero non sono già le pietre più compatte e le meno permeabili quelle che vanno più immuni dal gelicidio; l'esperienza prova giornalmente il contrario.

L'azione della gelata offre una classe di fenomeni che paiono incomprensibili, quando si considerino semplicemente come prodotti dalla forza espansiva del diaccio; tranne il caso delle pietre fesse da peli, sieno o no visibili, ma nei quali puossi l'acqua insinuare in falde capillari, nulla s'è per anco spiegato. Ed invero, ogni qualvolta si tenta di chiarire tal quistione i fatti più contraddittorî si presentano nel tempo stesso. Così, delle cattive malte di calcina grassa sopraccariche di sabbia, che alla semplice pressione dei diti si disfanno, sfidano impunemente, comechè inzuppate a saturazione, un freddo di 12.° centigradi, mentre che vi è dei mattoni i quali, sebbene venti volte più resistenti, si sfarinano a 4.° o 6.° Alcune pietre calcaree vive

durissime, fesse per ogni verso da peli brevi e spessi (per esempio la calcarea di Chouin che adoperasi a Lyon), comportano i più rigidi inverni, laddove altre pietre fisicamente congeneri (come quelle di Saint-Georges a Cahors) si scheggiano in tutt'i sensi. E che dire in fine di quei materiali che sono diacciativi, cioè suscettivi di gelicidio o a divenir diacciuoli mentre possedono l'acqua della cava, e che cessano di esserlo tosto che l'han perduta, comunque impregnate fino alla saturazione di acqua pluviale?

In tale stato di cose, volendo pronunziare con certezza sui tali o i tali altri materiali, conviene osservare in qual modo ei si comportano nel corso di più anni; e parecchi anni potrebbero eziandio non esser sufficienti nelle contrade meridionali, dove gl'inverni rigidi non s'appresentano che assai di rado. Nel qual caso vuolsi cercare di moltiplicare le cause del danno sulle mostre di sperimento, e di guadagnare sul tempo, accumulando, per dir così, gli effetti di più inverni. Affin di ciò praticare si osservi che l'acqua cristallizzata, dopo avere sollevate e distaccate le parti dei corpi ch'ella assalisce, le ritiene poi fra loro attaccate infino al dimoio, epoca in cui la separazione ha luogo. Donde segue, doversi assai meno tener conto della durata del freddo come pruova, che del numero de'didiacciamenti che si succedono. Ora ognuno può procacciarsi altrettanti liquefamenti quanti sono i giorni di gelata in uno inverno, bagnando ciascuna volta le mostre con acqua bollente per disciogliere il ghiaccio o l'efflorescenze nevose di che sono ricoperte, e così distaccarne le scheggiature manifestatesi, se ve ne ha.

In cotal modo si è per noi operato sui molti frammenti di malte e di cementi di ogni specie che abbiamo studiati. I risultamenti enunciati nel capo XIII sono il frutto delle osservazioni di dieci inverni consecutivi, nel cui numero si trova quello del 1819 al 1820 nel quale il termometro centigrado discese a 12.°

(63) Mentre che eravamo occupati in queste indagini, il signor Brard (in allora direttore delle miniere carbonifere del Lardin, dipartimento della Dordogne) s'ingegnava a distinguere le pietre diacciative da quelle che nol sono, sostituendo alla forza espansiva dell'acqua congelata quella d'un sale facile a cristallizzarsi, il solfato

di soda. Tosto che ci fu nota una idea cotanto ingegnosa, ne affrettammo ad applicarla alle nostre malte.

Conformemente alle indicazioni del prefato dotto mineralogo, s'impregnarono a caldo fino alla saturazione, di una dissoluzione di solfato di soda, un centinaio di mostre, che di poi si esposero sotto un tetto alla temperatura di 25 a 30 gradi centigradi, e da ultimo si lavarono giorno per giorno con acqua pura. Codeste mostre non tardarono ad offerire de'segni di deterioramento nell'ordine che segue.

Dopo 24 ore

Tutte le malte di calcina grassa si sgranano leggermente. I progressi sono più sensibili e più estesi sulla serie proveniente, dall'estinzione ordinaria, che su quella dall'estinzione per immersione. La serie meno danneggiata è quella ottenuta dall'estinzione spontanea.

Le malte di calcina idraulica e di minuta ghiaiuola, o sabbia molto grossa si scheggiano negli angoli; quelle la cui sabbia è fine resistono bene.

Dopo 48 ore

Le tre serie di malta con calcina grassa sono in decomposizione, tranne i n. della serie *spontanea* corrispondenti alle proporzioni di 50, 60, 70, e 80 parti di sabbia per 100 di calcina in pasta. Le altre malte grasse cedono delle grosse lamine e si scheggiano negli angoli; le magre si sgranano superficialmente.

Le malte con calcina idraulica e ghiaiuola ovvero grossa sabbia, sonosi compiutamente sgretolate; quelle con sabbia fine continuano a resister bene.

Dopo 72 ore

Delle malte con calcina grassa non restano che i n. 1 e 2 della serie *spontanea*. Fra le malte con calcina idraulica e sabbia fine, le più grasse si scheggiano negli angoli, e le più magre continuano a resister bene.

Le osservazioni sonosi continuate per 24 giorni; dopo il duodecimo le sole che si mantenevano perfettamente intatte erano le malte di calcina idraulica molto magre, e la malta di calcina grassa della serie *spontanea* corrispondente alle proporzioni di 50 di sabbia per 100 di calcina in pasta, la quale ha resistito fino al vigesimo terzo giorno. Dal che è rimasto dimostrato che nei nostri climi l'azione del sale di soda è assai più potente di quella dell'acqua congelata. Ci disponevamo a proseguire gli sperimenti con delle dissoluzioni diversamente cariche di sale, quando un incidente venne a stornarcene: volendo ritrarre dalle acque della lavanda le porzioni di sale disciolte dai lavamenti successivi, ci accorgemmo che la forma cristallina non era più la stessa. In luogo di prismi ad otto facce non ottenemmo che dei cristalli spianati in bottoni, e d'una struttura affatto diversa; nessun dubbio quindi che la lisciva alcalina si era combinata con la calce della malta.

Il procedimento del Sig. Brard non poteva dunque più convenire a questa specie di materiali; ciò non pertanto lo raccomandiamo qualora debbansi stabilire soltanto le qualità relative dei cementi o malte; esso additerà allora perfettamente l'ordine col quale tai composti resistono all'azione del freddo; ed ove si moderino gli effetti della cristallizzazione, impregnando i corpi in isperimento di una dissoluzione non saturata, si perverrà probabilmente un giorno a conoscere il grado di questa dissoluzione che conviene ai laterizi ed alle pietre, per esattamente rappresentare il potere dell'acqua congelata in rispetto a loro, a tale o a tal grado del termometro; ma una siffatta esperienza non potrà bene eseguirsi che nel settentrione,

Dicemmo che la malta di calce grassa spenta spontaneamente, e composta nelle proporzioni di 50 di sabbia per 100 di calcina in pasta, aveva resistito fino al vigesimo terzo giorno; mentre che delle eccellenti malte di calcina idraulica, o delle pietre calcaree di riconosciuta bontà non resistono più oltre del settimo o dell'ottavo giorno; una tale sperienza ben era degna che si ripetesse, e lo fu con pari resultamento. La malta che in cotal guisa comportossi era di sei anni e la sua resistenza rispettiva per ogni centimetro di superficie corri-

spondeva a 804 chil.; cioè neppure la metà della resistenza rispettiva media delle malte di calcina idraulica. Ora nelle costruzioni si offrono moltissimi casi in cui le malte di rivestimenti non debbono resistere che alle sole intemperie, e che non han duopo d'altra forza di resistenza, tostochè sono al sicuro contro lo gelo. Pensiamo che in tali circostanze non si possa escogitare, in fatto di composizioni di calcina e sabbia, una malta che offra maggior sicurtà, di quella indicata.

NOTE SUL CAPO XIV.

(64) Il metodo Loriot consiste nell'introdurre dentro una malta impastata molle, una quantità tale di calce viva in polvere, che la sovrabbondante acqua della miscela possa bastare ad estinguerla, e che inoltre il composto, senza giungere a quel grado di prosciugamento che produce la polvescenza, addivenga non pertanto sodo in pochi istanti.

Il metodo Loriot ebbesi come tanti altri molta voga, e come tanti altri del pari giacque nell'obblivione; questa è la sorte generalmente serbata ai falsi concepimenti, e tal'era senza dubbio quello di non riguardare la durezza delle malte che come il resultato d'una essiccazione più o meno sollecita, e di sperare quindi poter conseguire lo scopo introducendo un attivo assorbente.

I pezzi foggiati con malta di calcina idraulica composta secondo il metodo Loriot, abbenchè soggettati all'influenza d'una lentissima essiccazione entro d'una terra fresca, non hanno mai conseguito che una mediocre durezza; ci pare che l'introduzione della calce viva in polvere, tuttochè accelerasse la presa, non ha punto compensato il difetto di densità, inerente alla consistenza molle ch'erasi stato obbligato di antecedentemente conferire alla miscela di sabbia e calce spenta.

NOTE SUL CAPO XV.

(65) « Nel 1796, i Signori Parker e Wyatts ottennero una pa« tente reale per fabbricare a Londra una specie particolare di calce

« ch'essi allora denominarono *cemento acquatico*, ed alla quale det-
« tero poi il nome di *cemento romano*, nome che tanto meno gli
« si addiceva in quanto i Romani nulla giammai conobbero nè ado-
« perarono di simile. Questa intrapresa ebbesi il miglior successo,
« ed ugualmente prosperano le parecchie altre dello stesso genere che
« in appresso si fecero.

» Il Sig. Lesage, ingegnere militare, fece conoscere venti anni
« addietro le proprietà d'una generazione di calce di cui facevasi in
« allora uso a Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais) e ch'egli appellò
« *plâtre-ciment* (gesso-cemento). Vedesi dal rapporto circostanziato
« ch'egli pubblicò (Giornale delle Miniere tomo XII, pag. 145) che
« questa calce è assolutamente la stessa materia del cemento naturale
« inglese. Il Signor Drappiez ha dato un'esattissima analisi della pie-
« tra di Boulogne, e noi passiamo a paragonarne il resultamento con
« quello che si ottiene analizzando la pietra inglese.

		PIETRA inglese.	PIETRA di Boulogne
Carbonato di calce		0,657	0,616
Carbonato di magnesia		0,005	» »
Carbonato di ferro		0,060	0,060
Carbonato di Manganese		0,019	» »
Argilla	Silice	0,180	0,150
	Allumina	0,066	0,048
	Ferro ossidato	» »	0,030
Acqua		0,013	0,066
		1,000	0,970

» La pietra d'Inghilterra è d'un bigio fosco, compatta, di grana
« fine e suscettiva di pulimento; il suo peso specifico è 2, 59; quella
« di Boulogne è eziandio compatta, di grana finissima e capace di
« pulimento, ma è d'un bigio gialliccio; ella è stata rinvenuta soltanto
« in ciotti rotolati in riva al mare, laddove la pietra inglese, *si trae*

« *dalle marne*, in mezzo alle quali ella trovasi incastrata nella forma
« di masse tubercolose.

« Pietroburgo al pari di Londra ha ora il suo cemento natu-
« rale; essa deve tal vantaggio ai Sigg. Clapeyron e Lamé, inge-
« gneri delle miniere, francesi, temporalmente addetti all'Istituto po-
« litecnico di Russia nella qualità di professori.

« Cotale scoperta ha di già prodotto degl'importanti risparmi nel-
« l'esecuzione de' grandi lavori idraulici ai quali il cemento naturale
« è stato applicato. (Estratto della Memoria del Sig. Berthier sulle
« pietre da calcina idraulica). »

Anche noi abbiam trovato de' cementi naturali sulle rive della Loire, fra Nevers e Briare, ed a Baye, punto di separazione del canale del Nivernais; ma essi, nè nella sollecitudine della presa, nè nella ulteriore durezza, pareggiano i cementi d'Inghilterra e di Boulogne. Ecco l'analisi del cemento di Baye.

CALCAREA ARGILLOSA, BIGIO-TURCHINICCIA.

Carbonato di calce	0, 320
Silice } Allumina }	0, 526
Carbonato di magnesia	0, 040
Allumina e ferro solubili	0, 094
Acqua	0, 030
	1, 000

Questo cemento fa presa tre giorni dopo l'immersione, ed a capo d'un anno offre una durezza ch'è misurata dalla depressione di m. 0,00355.

NOTE SUL CAPO XVI.

(66) Ad Euriage, non lungi da Grenoble, si sono rinvenuti i resti d'un'antica piscina, gli scaglioni della quale erano fortemente incrostati; soggettata ad esame la materia dell'incrostazione essa si è compiutamente disciolta dentro l'acido nitrico; il prussiato di potassa

ferruginoso vi ha prodotto un lieve precipitato di bleu di Prussia, ed il muriato di barite, un poco di solfato di barite; donde appare, che indipendentemente dalla calce, il frammento saggiato racchiudeva eziandio un po' di ferro e di solfato di calce.

Egli è certo che i cementi antichi, spogliati delle incrostazioni, non avrebbero sufficiente consistenza per essere tagliati in lamine sottili e poscia ricevere il pulimento. La spessezza della calce carbonata che ricovre codesti cementi è assai variabile, ed arriva fino a m. 0,05 in alcuni punti del canaletto dell'acquidotto del Gard.

(67) Le moli dell'antica Bastille di Parigi non poterono altrimenti essere smantellate che mediante la mina; miravansi tuttora, pochi anni addietro, ad Agen dappresso alla porta del Gravier, le rovine di un ponte che reputavasi antico a causa della durezza della malta; fu eziandio mestieri adoperare la polvere per distruggere un avanzo di pilone che impediva la passeggiata. Questo ponte, la cui costruzione volontieri sarebbesi fatta risalire dagli uomini vaghi del maraviglioso fino ai Pelasgi, fu edificato nel 1189, in virtù d'una ordinanza di Riccardo I, re d'Inghilterra, e padrone in allora di porzione della Francia.

La malta del ponte di Valentré, fabbricato a Cahors nel 1400, è affatto simile, vuoi per la qualità della calce, vuoi per le proporzioni o per la grossezza della sabbia, a quella d'un antico teatro di cui nella stessa città sussistono i ruderi, cinque o seicento passi lungi dal fiume. Delle pruove più volte ripetute non hanno dato che una piccolissima differenza fra le resistenze di codeste due malte: e questa stessa in favore della moderna.

NOTA

SULLA TEORICA DELLE MALTE E DE' CEMENTI CALCAREI.

La solidificazione delle malte è stata in ogni tempo materia di controversia: Vitruvio se ne occupò, ed ai dì nostri parecchi celebri chimici ne hanno fatto l'obbietto di loro meditazioni. Tornerebbe inu-

tile, non che fastidioso, di quì rammentare tutt' i sistemi strani o bizzarri su tale argomento pubblicati; nel loro numero ce ne ha taluni che basterebbe enunciare per mostrarne la ridevolezza. Noi ci accontenteremo di discutere quì appresso il più brevemente che potrassi le ipotesi plausibili che più meritano considerazione, e supporremo che il leggitore abbia ritenuti i principali fatti enunciati nel corso di questo libro.

La cagione de' fenomeni fu dapprima attribuita alla rigenerazione della calce per l'opera lenta e successiva dell'acido carbonico dell'atmosfera. Cotale opinione, accreditata da Black, Hyggins, Achard e più altri, fu per lunga pezza la dominante. Ma il Darcet, analizzando alcune malte derivanti dalla demolizione della Bastille, non vi trovò che la metà dell' acido carbonico che la calce richiede per la sua saturazione; e da ultimo il signor John di Berlino ha riconosciuto che delle antichissime malte e durissime, non ne contenevano a gran pezza una uguale dose. Dopo tai fatti, e dopo le nostre osservazioni sulla difficoltà che prova l' acido carbonico ad insinuarsi nelle profonde murature, la spiegazione ammessa non poteva più oltre essere sostenuta.

Le sperienze di Guyton Morveau sulle reazioni scambievoli, per via umida, dell'acqua di calce e delle dissoluzioni di silice e di allumina nella potassa e nella soda, avevan fatto presumere con qualche verosimiglianza, che l'affinità chimica puole avere molta parte nella bontà delle malte, e che una porzione dell'allumina e della silice delle sabbie, assalita dalla calce, si combinava con esso lei. Questa opinione, alla quale nelle nostre prime Ricerche ci soscrivemmo fu anche per qualche tempo accolta dal Sig. John; ma questo dotto chimico non tardò guari a riconoscerne la insufficienza, assicurandosi mercè di sperimenti diretti, che la calce caustica, eziandio bollente, non lede il quarzo; ed indi a poco (in occasione di alcune obbiezioni del Sig. Berthier) ne convincemmo dal canto nostro, disgregando mercè l'acido muriatico delle malte di diciotto mesi la cui sabbia erasi antecedentemente con molta esattezza pesata, che la calce idraulica è del pari priva di azione sulle sabbie gratitiche.

In tale stato di cose, le nozioni più precise che finora si abbiano sull'indurimento delle leghe, *malte*, riduconsi a sapere che non evvi combinazione fra la calce e la sabbia, nè trasformazione integrale di essa calce in carbonato mediante il concorso di un principio estrinseco.

Rimane dunque ad esaminare l'influenza possibile di un' azione meccanica delle parti, sia che nasca da un semplice collegamento, o dalla coesione propria della calce paragonata alla sua aderenza per le sostanze quarzose o calcaree in essa inviluppate.

L'ipotesi di un semplice collegamento non resiste all'esame: perciocchè due corpi qualunque congiunti a dente e mortisa e senza colla, separansi sempre, a sezione uguale, nella congiuntura stessa e non altrove, quando sono soggettati ad una forza di traimento agente in un senso qualunque rispetto alla giunzione; donde seguirebbe che niuna malta supererebbe la sua base in resistenza.

Macquer sembra essere il primo che abbia voluto spiegare la resistenza della malta mercè l'aderenza della calce paragonata alla sua coesione propria. « La grande tenuità di questa materia, egli dice, « e quella estrema suddivisione che riducela tutta in superficie, le « dà facoltà di applicarsi immediatamente sulla superficie della sabbia « e di aderirvi con una forza proporzionata all' esattezza ed all'inti« mità del contatto. » Del resto il dotto chimico spiega la superiorità dell'aggregato sull' idrato, mediante la proprietà che hanno le parti della calce spenta di aderire ai corpi duri più tenacemente che fra loro, ovvero in altri termini, mediante la superiorità della sua *aderenza sulla sua coesione*. Questo sistema è stato recentemente sviluppato, ma non pubblicato dall'ingegnere di Ponti e Strade Sig. Girard.

Il Loriot ed il de Lafaye non han veduto che collegamenti nell'aggregazione delle malte: però tutte le loro cure sonosi rivolte al perfezionamento fisico della base, cioè dell' idrato; alla quale si sono affaticati di dare una grande compattezza, sia con adottare dei metodi di estinzione i quali, poco attenuando la materia, non esigessero che una piccola quantità di acqua, sia con l'introdurre dopo la miscela, della calce viva in polvere nella malta; ma l' esperienza non ha compiutamente giustificati tali tentativi,

Pria che si vada più oltre, ed affine di non complicare la discussione, definiremo l'aderenza secondo il suo vero senso, e poscia esamineremo il sistema di Macquer in tutte le sue fasi.

L'aderenza è la risultante di quelle forze intrinseche ed ignote le quali non agiscono che nel contatto: essa dunque cresce col pulimento delle superficie quando si applicano de' corpi duri a dei corpi duri; e con le asperità delle superficie, quando si applica un corpo molle o fluido ad un corpo duro; ma le asperità delle superficie, abbenchè moltiplichino i punti di contatto, non possono aumentare la forza d'un aggregato, se la coesione della base è molto minore della sua aderenza: perocchè la rottura avverrà sempre nella base, ed ogni eccesso di aderenza che oltrepassa il limite che costituisce l'enunciata disuguaglianza sarà manifestamente superfluo.

La prima conseguenza che deriva da tale osservazione si è, che a grossezza uguale la levigatezza più o meno perfetta dei granelli in una medesima specie di sabbia non puole influire sulla resistenza delle malte di calcina idraulica.

Gli aggregati offrono quattro casi degni di molta considerazione:

1°. La base puole indurirsi senza sensibile restringimento, e la sua aderenza è molto maggiore della sua coesione; chiamiamola G';

2°. La base non può indurirsi senza concepire un restringimento, e la sua aderenza è molto maggiore della sua coesione; chiamiamola G'';

3°. La base può indurirsi senza sensibile restringimento, ma la sua aderenza è molto minore della sua coesione; chiamiamola G''';

4°. La base non può indurirsi senza restringimento, e la sua coesione è molto maggiore della sua aderenza; chiamiamola G''''.

CONSEGUENZE RAZIONALI PROBABILI DEL PRIMO CASO.

1°. La base G' sembra dovere offerire costantemente una resistenza assoluta minore di quella de' suoi aggregati, poichè la sua rottura ha liberamente effetto secondo una superficie piana di minima resistenza, mentre che l'aggregato non puole spezzarsi che secondo una superficie irregolare scabra d'un maggiore sviluppo;

2°. A proporzioni uguali la forza degli aggregati dovrà essere indipendente dalla grossezza delle sabbie, se i granelli sono presso a poco simili, poichè il profilo della frattura conserverà in tutt' i casi il medesimo sviluppo; e le sue scabrosità, a superficie piane o curve che sieno, offriranno lo stesso numero di elementi e sotto la stessa inclinazione;

3°. In tutt'i casi possibili, l' inuguaglianza delle proporzioni della sabbia dovrà produrre quella delle resistenze, perciocchè lo sviluppo del profilo della frattura è subordinato a codesta inuguaglianza.

4°. La natura delle sabbie, in parità di circostanze, dovrà essere affatto indifferente, quando la loro propria coesione sorpasserà quella della base.

Le calci idrauliche ed eminentemente idrauliche somministrano le sole basi che si possano con piena certezza assimilare a G'. Dunque le malte producentisi dall'uso di queste medesime calci dovrebbero soddisfare alle quattro conseguenze quì sopra stabilite. Ora l'esperienza dimostra che alla seconda ed alla quarta non soddisfano giammai, e che del pari non soddisfano alla terza quando impiegansi sotterra.

E vedesi d'altronde che in nulla si vantaggia modificando le conseguenze precedenti; dappoichè, cangiando, per esempio, le due prime non sarebbe possibile mettersi di accordo con la terza e con la quarta, che sono incontestabili. Ciò procede dal non potersi la materia accomodare ai matematici concepimenti dai quali scaturiscono le tre prime conseguenze; conciossiacchè nel fatto le asperità e gli accidenti della superficie di frattura d'una massa solida di calce idraulica idrata, sono presso a poco dello stess'ordine di quelli che si osservano nelle fratture delle malte con sabbia di grossezza ordinaria. Però le differenze matematiche stabilite fra gli sviluppi di cotali fratture sono, fisicamente parlando, nulle, e quindi in niuna relazione con le enormi differenze indicate dall'esperienza fra la resistenza effettiva delle malte e quella delle basi.

CONSEGUENZE RAZIONALI PROBABILI DEL SECONDO CASO.

1.° La base G" deve dar luogo a degli aggregati meno resistenti di sè medesima; imperocchè, non potendo la sabbia obbedire al movimento generale del restringimento di essa base, è forza che cotal movimento si suddivida, a mo' di dire, in una infinità di restringimenti parziali, donde nasce la polvescenza.

Questa considerazione spiega perfettamente la mala qualità delle malte di calce grassa, spenta con molta copia d'acqua nel modo usuale, e non è d'uopo rintracciare altra cagione.

CONSEGUENZE RAZIONALI PROBABILI DEL TERZO CASO.

1.° La base G''' debbe di necessità dare degli aggregati meno di lei resistenti, perciocchè i granelli inseriti interrompono per difetto di aderenza la continuità di forza nella massa.

Questa conseguenza è pienamente giustificata dall'esempio della malta bastarda, ovvero miscela di gesso e sabbia, e lo sarebbe del pari dall'esempio delle malte di calci grasse dette Loriot e Lafaye, ove fosse dimostro essere in queste malte la coesione della base maggiore della sua aderenza; ora, che ciò sia, è per lo meno dubbio.

CONSEGUENZE RAZIONALI PROBABILI DEL QUARTO CASO.

1.° La base G'''' deve dare il peggiore degli aggregati e questa conclusione evidente è giustificata dall'esempio delle leghe di argilla, e di *sabbie* d'ogni grossezza.

Così le malte di calce idraulica ed eminentemente idraulica sono le sole che la teorica degli aggregati non possa spiegare. È dunque mestieri ricorrere ad altre considerazioni; e la maggior parte delle difficoltà dispariscono ove si conceda, 1.° Che l'azione dell'aderenza non si limita ad un effetto superficiale e di contatto, ma che aumenta la coesione propria della base per una certa estensione. 2.° Che i li-

miti di questa estensione sono tanto più grandi, quanto più le circostanze in cui trovasi la lega sono favorevoli alla perseveranza del movimento molecolare che ha luogo nella base; 3.° Che infine l'aumento di coesione di questa base è in ragione inversa della distanza delle sue parti dal corpo aggregato che serve di nucleo.

Noi convalideremo questa ipotesi con fatti e considerazioni di gran peso. Si esaminino le incrostazioni calcaree attaccate alle pareti delle caverne, e segnatamente degli acquedotti antichi: si osserverà che la densità degli strati decresce a misura che si allontanano dalla parte incrostata; questo fatto vedesi, direm quasi, scolpito sopra parecchie mostre tratte dal canaletto dell'acquidotto del Gard, e che abbiamo sotto gli occhi. Il moto molecolare e successivo nei corpi solidi è attestato da grandissimo numero di osservazioni. Il Sig. Arago ne ha citati degli esempi irrecusabili nel cangiamento di elasticità delle molle di acciaio; come non ammetterlo poi nelle basi che, simili all'idrato di calce idraulica, sembran dotate d'un gran potere di cristallizzazione? È egli contrario ai principi della scienza il supporre che lo strato di calce che si costituisce in aderenza con la superficie d'un corpo duro, addiventi esso stesso corpo duro rispetto allo strato seguente, e che di grado in grado tali strati debban finire per aderire gli uni agli altri con una forza che si unisce alla coesione che loro è propria? No certamente, chè anzi una tale operazione può durare lungo tempo, massime quando ella è favoreggiata dallo stato umido della base.

Gli sperimenti importantissimi del Sig. Petot, ingegnere di Ponti e Strade, sui rapporti esistenti fra le solubilità della calcina idraulica mescolata con la sabbia e le proporzioni delle miscele, non lasciano verun dubbio sull'influenza che la presenza del quarzo esercita sulla coesione della calce. Le conclusioni cui mena questa osservazione sono analoghe alle precedenti.

Sarà cura del leggitore l'applicare questi principi ai diversi casi di resistenza offerti dalle malte di calce idraulica; e quanto alle malte di calce grassa spenta per immersione o spontaneamente, ci limiteremo a notare, che invece di volerne spiegare la mediocrità con l'i-

potesi meramente gratuita di una superiorità della coesione sull' aderenza della base, torna molto meglio di credere col Sig. Petot, ch'essendo la base priva d'ogni forza di cristallizzazione, di niun giovamento è a lei la presenza della sabbia nell' interesse della propria coesione.

I cementi calcarei, siccome fu da noi avvertito, non sono da assimilarsi agli aggregati: la loro solidificazione offre de' fenomeni d'un genere diverso, che soltanto da alcuni anni si sono cominciati a ravvisare nel loro vero aspetto; la calce grassa allogata fra i granelli di quarzo d' una malta comune, vi conserva le sue qualità caratteristiche, che sono di essere solubile nell' acqua fino all' ultima particella, e di mantenersi molle per un gran numero d' anni quando ella è priva del contatto dell' aere. Mescolata per l'opposto in certe proporzioni con la pozzolana energica in polvere, la calce in certo modo dispare, addiviene insolubile e dà al composto la facoltà d'indurirsi in poco tempo, sia nell' acqua, sia dentro involucri impermeabili all' aria; ora come mai codesta calce cangia in tal guisa di natura? Gli antichi sembra che abbiano attribuito parte di tai fenomeni alla facoltà che hanno le pozzolane di assorbire una grande quantità di acqua; ma è certo che l'assorbimento è nullo quando l'inzuppamento della pozzolana è compiuto; ora mesciusi pure la calce grassa in pasta con una pozzolana inzuppata fino alla saturazione, s'immerga la miscela, ed essa s'indurirà ugualmente dopo qualche giorni.

Leggendo attentamente le osservazioni del Sig. John sull' efficacia delle pozzolane, ch'egli paragona nè più nè meno ad ogni sorta di sabbia, e segnatamente questa singolare osservazione: « Che « se la polta di calce non s'indurisce da sè stessa isolatamente, tampoco la s'indurirà quando sia unita ad altra sostanza » comprendemmo subito che questo dotto chimico non aveva studiato i cementi immersi, e che però, su tal punto, di verun sussidio ne poteva essere la sua autorità.

L' ingegnere superiore delle miniere Sig. Berthier, intimamente penetrato della stranezza dell' opinione del Sig. John, tentò di spiegare la solidificazione dei cementi idraulici mercè l'intervento dell'acido

carbonico, tenuto in condensazione a modo di certi altri gas nel tessuto poroso delle pozzalane e delle sostanze analoghe; ma l'analisi non conferma questa supposizione; per l'opposto ella prova che vi è pochissimo acido carbonico nella più parte dei cementi immersi. In 32, 76 di calce, per esempio, ricavata da 100 parti di trass, il Sig. John non ha trovato che 2, 25 di acido; e come spiegherebbesi daltronde con questa ipotesi il deterioramento che in certi cementi immersi ha luogo dopo una solidificazione di già avanzata? Ed in virtù di quale affinità la calce già carbonata si priverebb'ella del suo acido per ritornar solubile?

Noi persistiamo a pensare come abbiamo finor sostenuto, che la calce, nei cementi di pozzolane naturali od artifiziali, del pari che nei cementi di psammite ed arene non calcinate, si combina chimicamente con tali sostanze; la nostra opinione è di accordo co'numerosi fatti esposti nel corso di quest'opera; è vero che questi fatti non possono riguardarsi come pruove dirette, ma si sa che in tal materia le pruove dirette sono sopramodo difficili, e qualche volta impossibili ad ottenere; si sa benanche che i geometri reputano uguali due linee rette, qualora sia provato che l'una non puol'essere nè maggiore nè minore dell'altra.

APPENDICE

SULLA TEORICA DELLE MALTE E DEI CEMENTI.

Era terminata la redazione di quest'opera quando l'ingegnere di Ponti e Strade signor Girard di Caudembourg pubblicò col modesto titolo di Notizia, una distesa memoria sulle malte idrauliche composte con le sabbie arene. I resultamenti certi in essa annunziati, essendoci stati da più tempo comunicati dall'autore, trovansi compresi nel sunto che precede. Però, ci limiteremo qui appresso a notare alcune novelle asserzioni, che ne paiono in aperta contraddizione con de'fatti bene stabiliti, ed a discutere inoltre il grado di probabilità delle induzioni teoretiche con le quali il signor Girard cerca di spiegare la solidificazione delle malte e dei cementi.

Il Sig. Girard dice, relativamente ai cementi di arene *torrefatte* paragonati ai cementi di arena nello stato naturale, « che dopo un « anno non vi ha differenza sensibile nella consistenza degli uni e degli « altri se non che nelle parti esterne, per uno o due centimetri di « pronfondità . . . . . che però il solo vantaggio che presenta la « torrefazione, è di affrettare in modo considerevole l'epoca in cui la « presa dei bitumi è consumata. »

Il fatto può esser vero, ma non è generale la conseguenza che il signor Girard ne deduce, non si appoggiando che su d'un caso tutto peculiare di torrefazione. Ed invero, quest'ingegnere contentossi (pag. 25 della sua Memoria) di scaldare fino a cangiamento di colore, in un bacino *evaporatorio* di latta le sue arene, mentre che sarebbe stato mestieri spingere il fuoco fino all'arroventamento ben dichiarato, e mantener la materia in tale stato per quindici o venti minuti; il signor Girard avrebbe allora avuto una pozzolana *molto energica*, invece della pozzolana *semplicemente energica* ottenuta col suo metodo.

Passiamo sotto silenzio alcuni particolari, aventi per oggtto di paragonare il prezzo del metro cubo di malta di calcina idraulica e sabbia comune con quello del metro cubo di malta di calcina grassa ed arena torrefatta, non potendo l'errore o l'esagerazione in simile materia essere perniciosa, poichè l' esperienza tosto ne farebbe giustizia.

Nella seconda parte della sua Memoria il signor Girard svolge il sistema di Macquer, ed ascrive l'eccesso della resistenza della malta su quella della base, al dover l'aggregato spezzarsi secondo una superficie scabra, in vece di una superficie piana e liscia quale sarebbe quella della frattura della base ov' ella non fosse commista alla sabbia.

Nella nota precedente si è potuto vedere quali obbiezioni si sono da noi fatte a cotal sistema, il quale non è neppure corredato delle prime ed indispensabili sperienze, con cui faceva mestieri ricercare a che si riduca la consueta resistenza assoluta d' un solido prismatico stirato secondo il suo asse, allorchè per ostacoli qualunque la superficie di rottura sia obbligata a prendere differenti inclinazioni con l'asse medesimo.

Noi vi suppliremo, sebbene imperfettamente, dicendo che da o° a 45° la resistenza rimane sensibilmente proporzionale all'ampiezza della superficie (quest'osservazione è desunta da numerosi sperimenti instituiti sopra diversi casi di frattura di solidi a fibre non arrendevoli, sperimenti di cui rendemmo ragione all'Accademia delle scienze nella sua tornata dell'11 decembre 1826); ciò posto, egli è agevole di assicurarsi o con lente, o ad occhio nudo come l'inclinazione media delle diverse faccette che offrono le sezioni di rottura delle malte di sabbie fine, sia molto lungi dal raggiugnere il limite 45.°, e che perciò lo sviluppo del profilo lineare, preso su di cotali sezioni non potrebbe giammai essere nel rapporto di 1,414 a 1,000 con quello che darebbe la base adoperata senza sabbia e supposta piana e liscia nella sua frattura. Ora, non solamente l'idrato di calce idraulica non offre una frattura levigata, ma le scabrosità che presenta sono presso a poco ugualmente sensibili di quelle delle malte di sabbie fine; come giustificare, dopo questo, il rapporto di 3,600 a 1,000 dato dall'espe-

rienza fra la resistenza ordinaria d'una buona malta di sabbia fine, a quella della sua base?

Infino a tanto che si ricuserà dunque pertinacemente alla sabbia una influenza ben dichiarata sulla coesione acquistata dall'idrato di calce che l'involve, non si perverrà a dar ragione della solidificazione delle buone malte. E che tale influenza esista non è più a dubitarne, dopo gli sperimenti del signor Petot (nota 51).

Nell'ultima parte della sua Memoria, il signor Girard discute parecchi fatti relativi ai cementi idraulici composti di calce grassa ed argille cotte, o nello stato naturale, ed è tratto a questa conchiusione: « che la solidificazione delle malte di pozzolana argillosa dipende dalla « combinazione che ha luogo fra la calce e la silice da una parte, « e fra la calce, l'allumina e l'ossido di ferro dall'altra. »

Noi ci rimarremo dal seguire il signor Girard in questa discussione, 1°. Perchè essa non abbraccia tutt'i fatti conosciuti sulle pozzolane artefatte, fra i quali ve ne ha di molto rimarchevoli e che punto non si prestano al sistema stabililito; 2°. Perchè riguardiamo come insufficiente il metodo adoperato dall'autore per separare la silice dall'allumina e dal ferro nelle argille ocrose, essendo a presumere, che la sostanza presa per della silica isolata, sia sempre stata una combinazione di silice e di allumina, lo che riduce al nulla tutte le conseguenze desunte da questa inesatta supposizione (*)

Noi avvisiamo col signor Girard essere impossibile di non riconoscere un'azione chimica nella solidificazione dei cementi; ma portiamo eziandio opinione, non essere per anco risoluta la quistione che ha per obbietto di determinare il come e fra quali limiti si operi particolarmente siffatta combinazione. Queste osservazioni e le precedenti non colpiscono del resto che delle indagini meramente teo-

---

(*) Il Sig. Girard dice (pag. 57) « aver separato le diverse argille per lui saggiate, *in silice* da una parte, ed *in allumina ed ossido di ferro* dall'altra, *mediante* « *l'acido idroclorico* e dell'*ammoniaca* » Ora le argille trattate con l'acido idroclorico in eccesso, dopo più giorni di digestione non cedono che una parte della loro allumina. Chè anzi alcune non ne cedono che appena 2 a 3 centesimi.

retiche, e non invalidano in nulla i fatti essenziali e positivi annunziati dal signor Girard sulle proprietà idrauliche delle arene. Il perchè i dritti che il prefato ingegnere ha acquistati sulla stima e sulla riconoscenza dei costruttori, non sono perciò nè meno fondati nè meno solidi.

NOTA

INDIRITTA IL 25 APRILE 1826 AL SIG. ARAGO, PER ESSERE INSERITA NEGLI ANNALI DI CHIMICA E DI FISICA.

(Questa nota era in sul punto di vedere la luce quando ci giunse la nuova della morte del Sig. Hassenfratz, onde stimammo nostro dovere di aggiornarne la pubblicazione).

Osservazioni su di alcuni passaggi della Prefazione del Trattato teoretico e pratico delle malte, pubblicato nel 1825 dal Sig. Hassenfratz, ispettor divisionario delle miniere.

Io voleva astenermi dal rispondere (almeno fino alla pubblicazione della novella opera che preparo sulle malte) alla prefazione del Sig. Hassenfratz; ma alcuni amici avendomi fatto notare che il pubblico potrebbe sinistramente interpetrare il mio silenzio, decidomi, abbenchè con rammarico, a respingere un'aggressione alla quale io non annetteva forse la giusta importanza. Nella discussione che segue dimenticherò l'inopportuno motteggiamento ch'è piaciuto al Sig. Hassenfratz di usare inverso di me; procurerò di aver presenti e la sua età, e i suoi titoli e i suoi servigi.

« Poco cale agl'ingegneri, agli architetti, ai costruttori presenti « e futuri, dice il Sig. Hassenfratz nella sua prefazione, che le sco« perte sulle varie proprietà della calce e sulle cause di tali proprietà « sien dovute a Bergmann, Guyton, Saussure, Sméaton, ai Sigg. « Vicat, John, Berthier, Treussart o a noi: ciò che loro importa, « ciò ch'è utile ai progressi dell'arte gli è che queste scoverte siensi « fatte e che le sieno conosciute. Fra codesti scienziati, il signor Vi-

« cui è certamente quegli che ha maggiormente contribuito all' avan-
« zamento dell' arte, così per le sue belle sperienze, come per la
« pubblicazione fattane. *Se potessero sorgere delle difficoltà sulla per-
« sona cui debbonsi attribuire queste scoverte, che sono a noi co-
« muni (sebbene in molte circostanze le sperienze fatte da noi
« sulle calci e sulle malte sieno molto anteriori a quelle del Sig.
« Vicat, poichè furono intraprese nel 1804), noi non esite-
« remmo a cedergliene tutta la gloria. Questo ingegnere è gio-
« vane, è nella felice età in cui tutto prospera ed in cui fa duopo
« occuparsi essenzialmente della propria fortuna. Non è per anco
« pervenuto, nel corpo ch' egli onora, agli alti scalini cui pei suoi
« lavori, per le sue conoscenze e per la sua capacità egli può
« ascendere ; tutto dunque ne obbliga a fargli delle concessioni*
« . . . .
« *Che possono importare a noi, nella nostra età e nella nostra
« posizione qualche scoverte di più? Noi cediamo dunque tutt' i
« nostri diritti alle scoperte sulla calce al Sig. Vicat, già no-
« stro allievo.* »

Farò notare di passaggio, che come allievo della scuola politecnica, ho assistito al corso di fisica del Sig. Hassenfratz, ma che non era questione in quel corso nè di calce nè di malte.

« Nella nostra età, prosegue il signor Hassenfratz, non si do-
« manda altro dai giovani co' quali si è stato in relazione che dei
« riguardi, quando si sono meritati. Però confesseremo essere a noi
« stato sensibile il silenzio serbato dal signor Vicat sui nostri trava-
« gli. *Non crediamo che a questo dotto ingegnere potessero es-
« sere ignoti, poichè li comunicavamo tutti gli anni ai Sig.
« allievi, nel corso di mineralogia che facevamo alla scuola
« delle miniere e del quale faceva parte quel travaglio.* Noi ab-
« biam loro benanche imprestata l' opera che avevamo scritta sulle
« calci e sulle malte ; il manoscritto è stato molto tempo nelle loro
« mani. Noi mettevamo inoltre a parte delle nostre scoperte tutti gl'in-
« gegneri e tutt'i costruttori co' quali eravamo in relazione; finalmente
« il signor Sganzin, ispettor generale di Ponti e Strade, aveva annun-

« ziato nel suo Corso di costruzione pubblicato nel 1809 alcuni de'fatti « che gli avevamo comunicati sulla calce, ec., ec. » Ecco il testo delle recriminazioni del signor Hassenfratz.

Reca meraviglia, nel leggere ciò che precede, come il Sig. Hassenfratz non abbia specificato in modo chiaro ed esplicito in che consistessero le scoperte ch' egli rivendica. Nell'incertezza in cui si resta su tal particolare, è naturale il domandare, s'egli è mai possibile che delle scoperte veramente importanti, e comunicate a tante persone, abbian potuto non lasciare alcuna traccia, sia negli scritti del tempo, sia nella memoria di qualcuna di quelle persone?

Consulto infatti il Corso di costruzione pubblicato per l'ispettor generale di Ponti e Strade Sig. Sganzin; leggo attentamente tutto quanto in esso ha rapporto con la calce e con le malte, dalla vigesima fino alla trentesima paggina inclusiva; vi ritrovo una fedele sposizione dei travagli di Bergmann, Guyton, Descotils, ec.; ma neppure un solo motto pel Sig. Hassenfratz; rileggo la V.ª lezione, in dove parlasi della Siliceo-calcarea di Boulogne, in proposito della quale dice il Sig. Hassenfratz d' aver fatto di numerosi sperimenti: e nulla assolutamente vi rinvengo che si riferisca a questi sperimenti. Finalmente, quasi volesse togliere ogni difficoltà su tal particolare, il Sig. Sganzin s'esprime nel seguente modo nella nota che fa parte della paggina 23 (*).

« Tali erano i *risultamenti delle cognizioni sulla calce* allor« quando questo Corso fu pubblicato; ma apparve di poi, nel 1818, « un' opera sulle calcine che si adoprano nelle costruzioni, sui bitu« mi e sulle malte comuni, nella quale il Sig. Vicat ingegnere, ec., ec.»

Rivolgomi al Trattato della costruzione dei ponti del fu ispettor generale Sig. Gauthey, il quale per le note e le addizioni di cui lo ha arricchito l'editore; ingegnere superiore Sig. Navier, trovasi perfettamente al livello delle conoscenze attuali; apro il tomo II pubblicato nel 1813, leggo con attenzione dalla paggina 276 fino alla 287 inclusiva, vi trovo un sunto molto ben fatto delle cognizioni di quel-

(*) Terza edizione del 1821; se l'edizione del 1819 che io non ho, riferisce i fatti di cui parla il Sig. Hassenfratz, debbono essere di assai poco conto perchè siasi il Sig. Sganzin deciso a sopprimerli nell'edizione del 1821.

20

l'epoca sulle diverse specie di calce, ec., ma ho benanche il dispiacere di nulla rinvenirvi che si riferisca al Sig. Hassenfratz ed alle sue pretese scoperte.

Consulto infine gli annali delle miniere; mi abbatto nel VII tomo (terza distribuzione del 1822) in varî articoli ed estratti ragionati di opere sulle malte; e particolarmente vi noto sotto il titolo di analisi di varie pietre da calcina, una commendevole dissertazione, nella quale l'ingegnere superiore delle miniere Sig. Berthier disamina con la consueta sua sagacia, la composizione delle calci idrauliche e diversi punti della teorica delle malte; ma indarno eziandio ricerco in quei differenti scritti il nome del Sig. Hassenfratz.

Or, domando io ad ogni uomo imparziale, puossi ragionevolmente credere che delle scoperte *non pubblicate*, delle scoperte che non furono oggetto d'investigazione pei distinti ingegneri della Capitale, ingegneri i quali, da vaghezza o dal proprio stato loro, sono tratti a tenersi al corrente dei progressi delle scienze chimiche e delle loro applicazioni; delle scoperte, infine, che lasciarono nella mente delle persone, cui dice averle comunicate l'autore, così superficiali impressioni, che a veruna di esse cadde nel pensiero di ricordarle in occasione della pubblicazione delle mie *Ricerche*; è egli possibile di sostenere, diceva, che di tali scoperte abbian dovuto necessariamente venire in cognizione d'un uomo assente dalla capitale fin dal 1808, che abitava una piccola città in una lontana provincia, e che non aveva nuove del mondo scientifico se non dai giornali?

Mi giova sperare che queste riflessioni ridesteranno nel Sig. Hassenfratz altri sentimenti verso di me; lo pregherò soprattutto di notare, quanto la mia condotta abbia poco rassomigliato a quella di certe genti di rapina che si chiamano plagiarî e compilatori; lungi di agir di furto, deposi negli annali di chimica del mese di agosto 1817 un lungo sommario dei fatti che non doveva pubblicare prima del 1818; sicchè non potevasi da me offerire, alle persone che avessero reclami da elevare, una migliore occasione di prendere atto e data dei loro travagli. Ho quindi soggettata l'opera mia all'esame dell'Accademia delle scienze; il Sig. Girard, relatore, non ha certamente

nulla intralasciato per procacciarsi de' documenti, e rendere a ciascuno che mi precesse nella carriera la sua legittima parte: come il Sig. Hassenfratz non s' è egli presentato? come i Signori di Prony e Gay-Lussac, commessarî col Sig. Girard non ebbero conoscenza alcuna delle scoperte del dotto ispettore delle miniere? e come infine questo stesso rapporto, reso pubblico (*), non ha esso eccitato i reclami del Sig. Hassenfratz?

Vuolsi confessare, essere stata una molto strana fatalità quella che ha nascosto agli occhi di tutti i travagli del Sig. Hassenfratz; ma assai più bizzarra sarebbe stata quella che avesse a me solo riserbato il vantaggio di conoscerli, a malgrado della mia posizione particolare e di tutte le altre circostanze contrarie.

A Souillac, il 25 aprile 1826.

L' ingegnere superiore di Ponti e Strade
segnato VICAT.

(*) Rapporto fatto all' Accademia reale delle Scienze, su d' un' opera del Sig. Vicat, ec., e stampato d'ordine di essa Accademia. Parigi, 1819, Firmin Didot

INDICE DELLE MATERIE.

TESTO

Paggine

Prefazione. 7

SEZIONE PRIMA.

CALCI DIVERSE OVVERO FERRUMENTI DELLE MALTE E DEI CEMENTI CALCAREI.

CAPO I.

Delle pietre calcaree, e delle diverse calcine che producono. — Distinzione delle calci conosciute in calci grasse, in calci magre ed in calci idrauliche. — Caratteri di codeste varie calci. — Modo di giudicarle e di classificarle. — Rapporto delle qualità della calce con la composizione chimica delle pietre dond' elleno derivano. 13

CAPO II.

Cuocimento in grande delle pietre calcaree. — Condizioni per rendere il cuocimento facile più che sia possibile. — Caso delle calci grasse. — Caso delle calci idrauliche. — Diverse fornaci adoperate. — Quantità media di combustibile necessaria per la cottura d' un metro cubo di calce. — Bizzarrie delle fornaci da carbon fossile a fuoco continuo 19

CAPO III.

Pag.

Delle calcine idrauliche fattizie. — Due modi di fabbricarle. — Descrizione dei metodi seguiti a Parigi dal Sig. Saint-Léger. — Prezzi mezzani delle calcine idrauliche artefatte 23

CAPO IV.

Dell'estinzione della calce. — Metodo comune. — Come di esso si abusa. — Accrescimento di volume delle diverse calci. — Effetto dell'acqua fredda sulla calce grassa in fermento. — Ciò che può rendere la calce pigra allo smorzarsi. — Secondo metodo di estinzione. — Come debba porsi in pratica perchè si attenuino bene le calcine grasse. — Acqua sorbita. — Accrescimento di volume delle diverse calcine in polvere non rassettata. — Terzo metodo. — Acqua sorbita. — Accrescimento di volume. — Gradazione dei metodi rispetto al grado di tenuità comunicato alla calcina. — Azione dell'acido carbonico dell'atmosfera sulle calci diversamente smorzate. — Maniera di conservare le diverse calci prima o dopo dell'estinzione 26

CAPO V.

Degl'idrati di calce ovvero corpi solidi resultanti dalla semplice combinazione dell'acqua e della calce. — Influenza del grado di consistenza dato in sulle prime all'idrato. — Azione dell'aria. — Azione dell'acqua. — Partito che l'arte può trarre dagl'idrati 30

SEZIONE SECONDA.

INGREDIENTI DIVERSI CHE CONCORRONO CON LA CALCE ALLA FABBRICAZIONE DELLE MALTE E DEI CEMENTI CALCAREI

CAPO VI.

Pag.

Delle sabbie. — Delle arene. — Delle psammite. — Delle argille. — Delle pozzolane vulcaniche o pseudo-vulcaniche. — Dei prodotti fattizî analoghi alle pozzolane. — Storia di queste sostanze. 35

CAPO VII.

Qualità degl'ingredienti nel precedente capo menzionati. — Definizioni, materie inerti, poco energiche e molto energiche. — Insufficienza dei caratteri fisici per riconoscere le qualita espresse con quelle diverse denominazioni. — Mezzi chimici di riconoscerle approssimativamente, per mezzo degli acidi e dell'acqua di calce 40

CAPO VIII.

Fabbricazione delle pozzolane fattizie. — Quali sono le sostanze più acconce a quest'uopo. — Condizioni necessarie per conseguire l'intento. — Influenza d'una debole calcinazione e del contatto dell'aria. — Natura e quantità de'principi assaliti dall'acido muriatico in una buona pozzolana 43

CAPO IX.

Convenienze scambievoli degl'ingredienti e delle diverse calci dipendentemente dal destino delle malte o dei cementi

alla composizione dei quali sono adoperati. — Caso di una immersione costante. — Caso dell'alternativa del secco e dell'umido. — Caso delle intemperie. 46

SEZIONE TERZA.

COMBINAZIONE DEGLI ELEMENTI DELLE MALTE E DEI CEMENTI CALCAREI.

CAPO X.

Malte o cementi destinati all'immersione. — Scelta delle proporzioni; esse sono variabili. — Limiti stabiliti per alcuni casi. — L'influenza delle proporzioni è tanto maggiore, quanto meno sono energici gl'ingredienti. — Elleno si modificano a tenore dell'uso cui le leghe si destinano. — Scelta del metodo di estinzione. — Ordine di precedenza dei tre metodi conosciuti nel rispetto della calcina che si adopera. — Manipolazione o fabbricazione; come nelle diverse circostanze ella va fatta. — Uso o immersione, difficoltà che hannosi a superare e come ciò si ottenga. — Antica pratica difettosa. — Azione immediata dell'acqua sulle parti delle malte o dei cementi ch'essa tocca. — Influenza del tempo 49

CAPO XI.

Malte o cementi costantemente esposti alle intemperie. — Ufizio della sabbia nelle diverse malte. — Opinione degli antichi sulla qualità delle sabbie. — Influenza della loro grossezza; essa varia secondo le diverse calcine. — Scelta delle proporzioni. — Caso delle calcine grasse. — Scelta del metodo di estinzione. — È lo stesso che pel caso dell'immersione. — Fabbricazione. — Condizione di una buona fabbricazione. — Uso; difficoltà che debbonsi vincere. — Come vi si riesca; — Precauzioni da usare dopo l'uso rispetto alla essic-

cazione. — Influenza del tempo notabilissima sulle malte di calcina grassa dopo più secoli . . . . Pag. 58

CAPO XII.

Malte o cementi soggetti all'influenza di una terra umida. — Influenza della grossezza delle sabbie. — Del metodo di estinzione. — Delle proporzioni. — Uso 65

CAPO XIII.

Delle vicende alle quali i cementi e le malte possono essere esposte. — Influenza di tali vicissitudini. — Caso delle gelate. — Effetto delle proporzioni e della grossezza delle sabbie ben combinate 67

CAPO XIV.

Influenza del costipamento sulla resistenza delle malte. — Casi in cui essa è più pregiudiziale che proficua. — Difficoltà di modellare la malta considerata come materia plastica. — Caso in cui tali difficoltà non esistono 69

CAPO XV.

Cementi naturali. — Composizione delle pietre calcaree che li producono. — Loro vantaggi e loro inconvenienti. — Tutte le calcaree argillose imperfettamente cotte danno dei cementi naturali 72

CAPO XVI.

Delle malte antiche paragonate con quelle del medio evo. — Stato dell'arte nell'Egitto. — Appo i Greci. — Presso

i Romani. — Falsa opinione dei moderni sulle cagioni della durezza delle malte antiche. — Limiti conosciuti delle resistenze assolute delle malte 74

NOTE.

SUL CAPO I.

N.° 1. Storia della calce e delle pietre calcaree 81
2. Mezzi chimici di valutare le qualità delle pietre da calce. — Tentativi infruttuosi degli antichi a questo riguardo 82
3. In qual modo siensi aumentati i fatti esposti nel 1818. — Autenticità de' nuovi resultati 84
4. Sulla colorazione della calce ivi
5. Storia delle calcine idrauliche fattizie ivi

NOTE SUL CAPO II.

6. Effetti della calcinazione sulle calcaree miste.—Scambievole reazione dei principi 86
7. Influenza del vapore acquoso sulla calcinazione delle pietre calcaree ivi
8. Fatto riferibile alla calcinazione in vase chiuso . . 87
9. Conseguenza dell' imperfetta cottura delle pietre calcaree.—Esperienze contradittorie su questo particolare ivi
10. Sperimenti sulle diverse quantità di combustibile impiegato per cuocere la calce 90
11. Notabile miglioramento recato alla calcinazione delle calcaree con carbon fossile, mediante lievissime modificazioni fatte nella condotta del fuoco e nella scelta del combustibile ivi

12. Capricci delle fornaci alimentate con fuoco continuo di carbon fossile . . . . Pag. 91
13. Fornaci a fuochi alternati per la cottura della calcarea argillosa.—Modo di servirsene ivi

NOTE SUL CAPO III.

14. Notabili esempi dell' uso delle calcine idrauliche artifiziali 93
15. Opinione di alcuni chimici sull' efficacia dell' ossido di manganese nella calce e nelle malte.—Grand' esempio contrario a tale opinione. 95
16. Particolari sulla fabbricazione delle calcine idrauliche fattizie di prima cottura, nel caso più sfavorevole. ivi

NOTE SUL CAPO IV.

17. Disamina del vapore e del gas, che si sviluppano nello spegnersi della calce 98
18. Opinione dei muratori sulla calce che si disfà all' asciutto. ivi
19. Storia dei diversi metodi di estinzione — Esame del metodo Fleuret. ivi
20. Paragone numerico dei volumi e delle quantità d' acqua assorbite 99
21. Osservazioni sulla quantità di calce che a volumi e consistenze uguali si contengono in diversi idrati . 100
22. Fatto rimarchevole sulla conservazione indefinita della calce grassa in pasta dentro delle fosse umide. . ivi
23. Note sulla conservazione delle calci spente per immersione ivi
24. Ripugnanza degli operai in adoperare la calcina idraulica. — Motivi di questa ripugnanza ivi
25. Maniera usata a Douè (Maine e Loire) per ispe-

gnere la calce idraulica in grande e per immersione, e per farla navigare nella Loire 101
26. *Sperimento in grande sulla conservazione della calce viva* 102

NOTE SUL CAPO V.

27. *Definizione dell' idrato di calce secondo i chimici, e modo di ottenerlo* ivi
28. *Progressi dell' acido carbonico nei diversi idrati di calce — Analisi* ivi
29. *Uso della calce sola nelle costruzioni* 103

NOTE SUL CAPO VI.

30. *Storia dell' uso delle arene come pozzolane* ivi
31. *Storia dell' uso di alcune psammite come pozzolane* . 104
32. *Uso della pozzolana presso i Romani* 105

NOTE SUL CAPO VII.

33. *Osservazioni del conte di Chaptal sull' azione dell' acido solforico su di alcune pozzolane* ivi
34. *Sperimento sull' inazione chimica della calcina grassa verso il quarzo.* Idem *sull' inazione della calcina idraulica nelle medesime circostanze* 106

NOTE SUL CAPO VIII.

35. *Storia di alcune pozzolane artefatte* 107
36. *Opinione di alcuni costruttori sull' efficacia dell' ossido di ferro — È invalidata dai fatti* 108
37. *Opinione dell' ingegnere Raucourt sull' influenza del contatto dell' aria nella torrefazione delle pozzolane fattizie. L' assorbimento dell' ossigeno non è stabilito ab-*

bastanza. Studio de' principi costituenti della pozzolane mescolate separatamente con della calcina grassa — Caso in cui è impossibile di non riconoscere una combinazione chimica . . . . Pag. 108

38. *Fornello a riverbero proposto per la calcinazione delle pozzolane. — Suoi inconvenienti* 110

39. *Sperimenti dell'ispettor generale di Ponti e Strade Sig. Bruyères sulle pozzolane artefatte. — Ripetute in grande dal Sig. di Saint-Léger* ivi

40. *Sperimento per dimostrare che le argille calcinate in contatto con l'aria non assorbono alcun gas. — Le argille calcinate in vase chiuso non sono lese dagli acidi a quello stesso grado che quando sono calcinate all'aria* 111

41. *Indagine sull'influenza della potassa o della soda pura, mescolata con le argille prima della loro calcinazione, relativamente all'energia delle pozzolane fattizie che si ottengono* 113

NOTE SUL CAPO IX.

42. *Spiega delle contraddizioni che offrono vari scritti intorno alle malte ed alle pozzolane* 115

NOTE SUL CAPO X.

43. *Casi di eccezione offerti dalle calci magre nel rispetto delle proporzioni* 116

44. *Spiega dell'influenza dei diversi metodi di estinzione.* 117

45. *Caso d'eccezione delle calcine idrauliche spiegato* . 118

46. *Differenti modi di ravvisare i cementi e le malte* . 119

47. *Rispetto alla loro tessitura e preparazione* ivi

48. *Si giustifica un metodo di estinzione con un' applicazione in grande* ivi

49. *Si giustificano i metodi di fabbricazione e d'immersione con l'applicazione in grande alle fondazioni del ponte Carlo X a Lyon* ivi
50. *Funesto esempio dell'uso della calce imperfettamente spenta* 120
51. *Spiega della retrocessione di alcuni cementi e di alcune malte immerse* ivi
52. *Caso di eccezione dell'applicazione di ciò che si disse sull'influenza del tempo* 122

NOTE SUL CAPO XI.

53. *Sperimenti sull'influenza della sabbia calcarea paragonata a quella della sabbia granitica* ivi
54. *Esempi antichi, fortuiti o premeditati, in favore dei principi stabiliti sull'influenza della grossezza dei granelli delle sabbie* 123
55. *Esempi antichi che provano la funesta influenza dell'argilla nelle malte esposte alle intemperie* . . . 124
56. *Spiegazione de'vari effetti de'diversi modi di estinzione.* ivi
57. *Opinione unanime sulle malte e sui cementi impastati molli — Mezzi tentati per giungere ad impastar sodo.* 125
58. *Modo usato al canale da Nantes a Brest per preservare la mano degli operai dall'azione della calce. — Precauzioni da usare relativamente all'inzuppamento de'materiali adoperati nelle murazioni.* . . 127
59. *Influenza del lento prosciugamento sulla bontà delle malte, nota in Italia e posta in pratica per la fabbricazione delle pietre artefatte.* ivi
60. *Notabile esempio del tempo che impiega la malta di calcina grassa per indurire. — Paragone chimico di diverse malte vecchie, ed antiche di ottima qualità.* 129

NOTE SUL CAPO XIII.

Pag.

61. *Osservazioni sopra alcuni casi di deterioramento in cementi trasportati da un luogo umido ad uno asciutto* 131
62. *Effetti della gelata sulle malte e sui cementi. — Difficoltà di spiegarli. — Modi consueti di sperimento* . 132
63. *Modo proposto dal Sig. Brard per riconoscere i materiali diacciativi; applicazione di siffatto modo a diverse malte. — Il metodo di Brard non conviene punto a questa specie di leghe. — Esso può rendere di grandi servigi per le pietre e pei laterizi* . . 133

NOTA SUL CAPO XIV.

64. *Infelice successo del metodo Loriot applicato alla malta risguardata come materia plastica* 136

NOTA SUL CAPO XV.

65. *Storia dei cementi naturali inglese e russo* ivi

NOTE SUL CAPO XVI.

66. *Osservazioni su di alcune incrostature calcaree* . . 138
67. *Esempi di malte vecchie di grande durezza*. . . . 139

Nota sulla teorica delle malte e dei cementi calcarei. ivi
Appendice alla teorica delle malte e dei cementi . . 148
Nota in risposta alla prefazione del trattato delle malte, ec. ec., di Hassenfratz. 151

FINE DELL' INDICE.

ELENCO DELLE TABELLE

Avvertimento sul modo in cui le sperienze furono fatte.

TABELLA I.

Paragone delle qualità delle diverse calci con la composizione chimica delle pietre calcaree da cui derivano.

TABELLA II.

Paragone delle durezze e delle resistenze assolute dei composti risultanti dalla combinazione dell' acqua con diverse calci.

TABELLA III.

Azione rispettiva dell' acido muriatico sulle argille prese in diversi stati.

TABELLA III. (bis)

Paragone delle qualità degl' ingredienti col loro modo di comportarsi verso dell' acido muriatico.

TABELLA IV.

Paragone di diverse pozzolane fattizie con la pozzolana d'Italia, il trass ed il cemento d'acqua forte.

TABELLA V.

Paragone che serve a stabilire le convenienze reciproche delle diverse calci coi vari ingredienti dei cementi e delle malte.

TABELLA VI.

Malte e cementi idraulici fra loro paragonati, relativamente al metodo di estinzione che si è usato.

TABELLA VII.

Paragone delle resistenze relative di diverse malte e cementi idraulici immersi in vari gradi di consistenza.

TABELLA VIII.

Cementi e malte immerse paragonate relativamente al detrimento che soffrono alla loro superficie. Celerità della presa di varî cementi paragonata alla composizione diversa di tali cementi ed alla resistenza acquistata dopo un anno d'immersione.

TABELLA IX.

Celerità della presa di diversi cementi paragonata alle proporzioni ed alla durezza acquistata dopo un anno d'immersione.

TABELLA X.

Resistenze assolute delle malte paragonate a quelle degl'idrati di calce che ne formano la matrice. — Malte paragonate nel rispetto della grossezza delle sabbie adoperate.

TABELLA XI.

Malte ricavate da varie fabbriche, paragonate alle malte composte per isperimento con le medesime calci.

TABELLA XII.

Malte paragonate relativamente alle proporzioni ed al metodo di estinzione.

TABELLA TRIPLA XIII.

Malte di calce grassa paragonate relativamente all'influenza della manipolazione. — Malte paragonate relativamente alla consistenza data al mescuglio della calce e della sabbia. — Malte paragonate relativamente all'influenza della essiccazione.

TABELLA DUPLA XIV.

Resistenze assolute di diverse malte paragonate relativamente all'effetto del costipamento — Malte e cementi paragonati relativamente al loro peso specifico ed alla loro porosità.

TABELLA XV.

Caratteri, composizione e resistenze assolute di alcune malte romane del mezzodì della Francia.

TABELLA XVI.

Paragone delle resistenze di diversi composti relativamente alle proporzioni ed alla grossezza dei corpi introdotti nella materia che serve di base.

TABELLE

AVVERTIMENTO SUL MODO IN CUI GLI SPERIMENTI FURONO FATTI

Tutt'i composti, sieno idrati, sieno malte o cementi (purchè le indicazioni delle tabelle non avvertiscano espressamente del contrario) sono stati impastati sodi, e quanto era possibile allo stesso grado di consistenza mediante il pestello.

I composti destinati all' immersione sono stati posti dentro vasi più profondi che larghi, talvolta di vetro e talaltra di faenza o di creta comune verniciata, e sono stati ricoperti di acqua pura, subito dopo la loro fabbricazione.

I composti destinati ad assodarsi sotterra o all'aere, sono stati o sepolti, o esposti sopra de'tetti, in pezzi prismatico-quadrangolari aventi per sezione trasversale un rettangolo di quattro o cinque centimetri di base e di 25 a 40 millimetri di altezza.

Il tempo della presa dei composti immersi è stato misurato dal numero di giorni compresi fra l'istante dell'immersione e quello in cui la superficie della materia ha potuto sostenere, senza una valutabile depressione, un ferro da lavorar maglie di m. 0, 0012 di grossezza, limato in piano in un de'capi, ed intestato nell'altro in un pezzo di piombo del peso di chil. 0, 30.

Le durezze relative dei composti medesimi sono state in generale valutate dagli affondamenti (*) d'un gambo d'acciaio insensibilmente conico, e terminato nel suo estremo inferiore, perpendicolarmente al suo asse, da una superficie piana circolare di 0$^{cent.}$,166 di dia-

(*) Avevamo creduto poter conchiudere da un certo numero di sperienze riportate nella prima nostra opera, « che i quadrati de' numeri esprimenti l'affondamento d'un gambo animato da una forza viva, in una materia qualunque, sono inversamente proporzionati alle resistenze relative o assolute di essa materia », ed a tenore di tal principio, si erano col calcolo trasformati gli affondamenti in numeri proporzionali a quelle resistenze, ma in seguito delle assennatissime osservazioni dell'ingegnere Sig. Vauthier ci siam decisi a ritornare ai numeri esprimenti gli affondamenti.

metro ; questo gambo, gravato d'un peso di chil. 0,9961, cadeva liberamente da un'altezza costante di cinque centimetri.

Talvolta s'è anco fatto uso d'un punteruolo analogo a quello di cui si avvalse il Perronet per misurare la durezza delle pietre; ed allora se ne trova fatta espressa menzione nelle indicazioni delle tabelle.

Le resistenze assolute dei prismi sepolti o esposti all'aere sono state desunte dalle resistenze relative degli stessi prismi, determinando per le accennate dimensioni, e mercè d'un conveniente numero di sperimenti il valor particolare che prende il coefficiente rappresentato da $\frac{1}{6}$ nella formula del Galilei.

Alcuni ingegneri costumano di non immergere gli smalti di sperimento, che pria non abbiano acquistato all'aere una forte consistenza. I resultamenti che così si ottengono sono affatto illusorî e non possono paragonarsi a ciò che succede in grande.

Gli sperimenti che hanno per iscopo di paragonare il tempo della presa di diversi bitumi richieggono gran cura e van soggetti a delle cagioni di anomalia che non sempre ne fu dato di tener lontane. Per quanti sforzi si facciano onde ottenere una uguale consistenza nella pasta de bitumi che voglionsi paragonare, è oltremodo difficile di sempre riuscirvi perfettamente facendo di mestieri, che a seconda del metodo di estinzione e della natura della calce e degl' ingredienti, si adoprino quantità di acqua diverse; ora è sufficiente una piccolissima differenza, sia in eccesso sia in difetto, per affrettare ò ritardare la presa d'un giorno o due.

E daltronde non abbiamo potuto fare tutt'i nostri sperimenti nella stessa stagione; di tal che alcuni bitumi sono stati immersi nei grandi calori estivi, ed altri in una mezzana temperatura: cosa che ha dovuto in varie guise influire sul tempo della presa. In fatti, abbiamo avuto occasione di notare, che delle malte e dei cementi idraulici posti sotto un'acqua calda a 40.°, sono pervenuti in poche ore a sostenere il gambo di prova; la qual cosa non si è ottenuta da quelli posti sotto un'acqua corrente a 7.° se non dopo parecchi giorni. Ma codeste diverse influenze non hanno potuto avere sensibile effetto che sul tempo della prima presa; ed alloraquando questo tempo ha dovuto

essere per le nostre investigazioni un'elemento essenziale di paragone, abbiamo adoprato dei mezzi per allontanare ogni cagione di errore.

La misura delle resistenze relative opponeva eziandio di molte difficoltà dipendenti precipuamente dalla piccolezza dei prismi e dalla non uniforme influenza dell'acido carbonico sulle loro varie facce, secondo la particolare loro positura nel corso della solidificazione.

TABELLA N.° I. — PARAGONE DELLE QUALITA' DELLE DIVERSE CALCI,

IN SOSTEGNO DEL CAPO I. — CON LA COMPOSIZIONE CHIMICA DELLE PIETRE CALCAREE DALLE QUALI DERIVANO.

INDICAZIONE DEGL'INGREDIENTI	PRINCÌPI COMPONENTI IN CENTO PARTI							QUALITÀ		OSSERVAZIONI.
	Carbonato di calce	Allumina	Silice impalpabile	Silice nello stato di sabbia	Carbonato di magnesia	Ferro ossidato	Manganese ossidato	Tempo della presa espresso in giorni.	Resistenze misurate dall' affondamento d'un gambo di acciaio sulla superficie dell'idrato di calce.	
PIETRE CALCAREE CHE DANNO CALCE GRASSA.										
Carbonato di calce cristallizzato . . .	100	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	idefinito	mollo	Tuttti gl'idrati saggiati erano immersi da un anno.
Marmo di Carrara	100	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	*idem*	*idem*	La più parte delle analisi sono nostre, le altre sono state tolte all' ingegnere Sig. Berthier.
Incrostazioni dello pareti dell' acquedotto del Gard	99, 15	0, 30	0, 45	. . .	. . .	. . .	. . .	*idem*	*idem*	
Calcarea d'acqua dolce di Castel-Landon, compatta, gialliccia, un po' cellulare	97, 00	0, 40	0, 60	. . .	2, 00	. . .	. . .	*idem*	*idem*	I processi verbali dai quali sono tratti la maggior parte da' risultamenti qui recati, sono autenticati dai SS. ingegneri addetti ai canali d' Isla o Rance e della Loire.
Calcarea di Cartravers (coste settentrionali), lamellato, bigio azzurrino	92, 42	1, 00	3, 67	. . .	2, 91	. . .	. . .	*idem*	*idem*	
PIETRE CALCAREE CHE DANNO CALCE MAGRA.										
Calcarea arenacea di Calviac (Dordogne)	70, 00	1, 25	2, 00	24, 75	. . .	. . .	. . .	idefinito	molle	
Calcarea grossolana di Dessin (Bassa Loire)	61, 89	1, 57	3, 10	26, 00	7, 44	. . .	. . .	*idem*	*idem*	* Il ferro è nello stato di carbonato.
Calcarea laminaria di Ville-Franche (Aveyron) colore di ocra	60, 09	. . .	. . .	. . .	30, 30	3, 00 *	6, 00 **	. . . .	. . . .	** Il manganese è nello

PIETRE CALCAREE										
CHE DANNO CALCE MEZZANAMENTE IDRAULICA.										
Calcarea grossolana, compatta di Quilly (Bassa-Loire)	74, 60	3, 10	4, 90	. . .	17, 40	. . .	. . .	gior. 14, 00	8, 40	
Tufo di Vitry, presso le sponde della Loire (Nièvre)	90, 00	3, 40	6, 20	. . .	. . .	0, 40	. . .	9, 00	11, 17	
Calcarea da grifito dei dintorni di Songy (Nièvre)	88, 00	4, 00	6, 85	. . .	. . .	1, 15	. . .	15, 00	13, 90	
PIETRE CALCAREE										
CHE DANNO CALCE IDRAULICA.										Il gambo di prova penetra negl' idrati, deprimendo la materia senza produrre schegge.
Calcarea secondaria di Nismes (Gard). compatta gialliccia	82, 50	5, 00	8, 40	. . .	4, 10	. . .	. . .	gior. 4, 00	5, 40	
Calcarea giallo d'ocra di Champ-Vert (Nièvre)	82, 63	6, 00	11, 10	. . .	. . .	0, 37	. . .	3, 00	5, 05	
Calcarea grossolana di Pompéan (Isle et Vilaine), detta brucia-morto verde	75, 83	4, 00	9, 50	. . .	9, 00	1, 67	. . .	4, 00	5, 82	
Calcarea marnosa del poggio del Poids de fer, riva della Loire (Nièvre)	82, 00	7, 00	8, 96	. . .	. . .	2, 04	. . .	6, 00	6, 05	
Calcarea marnosa bitumifera di Baraigne (Lot), bigio-azzurrina. . . .	82, 25	5, 50	10, 50	. . .	. . .	1, 71	. . .	5, 00	5, 60	
PIETRE CALCAREE										
CHE DANNO CALCE EMINENTEMENTE IDRAULICA.										
Castina de' Campi della Barrée presso Sardy (Yonne).	65, 00	8, 00	26, 25	. . .	. . .	0, 75	. . .	gior. 3, 00	3, 00	
Calcarea marnosa di Devay presso Décise (Nièvre).	80, 50	7, 20	12, 00	. . .	. . .	1, 30	. . .	4, 00	1, 87	Gl' idrati di calce eminentemente idraulica rendono delle schegge alla percossa del gambo di pruova.
Calcarea marnosa della valle di Riégeo (Nièvre).	78, 00	6, 00	14, 00	. . .	. . .	2, 00	. . .	3, 00	3, 00	
Calcarea semicompatta di Fertotot presso del Bec d' Allier.	80, 75	6, 50	11, 50	. . .	. . .	1, 25	. . .	8, 00	0, 40	
Calcarea gialla del dominio di Floury presso Décise	77, 40	8, 35	13, 25	. . .	. . .	1, 00	. . .	3, 00	3, 94	

TABELLA N.° II.

IN SOSTEGNO DEL CAPO V.

PARAGONE DELLE DUREZZE E DELLE RESISTENZE ASSOLUTE

DEI COMPOSTI RISULTANTI DALLA COMBINAZIONE DELL' ACQUA CON DIVERSE CALCINE.

INDICAZIONI		RESISTENZE assolute per centimetro quadrato		DUREZZE relative dei composti		PESO specifico dei composti		PESO specifico	DUREZZE relative
		nello stato d' idrato asciutto	dell' età di un anno	nello stato d' idrato asciutto	dell' età di un anno	nello stato d' idrato asciutto	dell' età di un anno	DELLE PIETRE che han prodotto le calcine	
		chil.	chil.						
CALCE EMINENTEMENTE IDRAULICA della Bourgade (Tarn e Garonne).	estinta col primo metodo	1, 08	4, 64	0, 034	0, 054	1, 172	1, 212	2, 060	0, 096
	idem, col secondo.	0, 42	4, 18	0, 029	0, 049	1, 202	1, 252		
	idem, col terzo	0, 13	3, 13	0, 024	0, 025	1, 042	1, 153		
IDEM, di Montèlimart (Drome).	estinta col primo metodo. .	2, 76	6, 79	0, 067	0, 100	1, 342	1, 432	2, 367	0, 363
	idem, col secondo.	1, 00	5, 28	0, 064	0, 092	1, 253	1, 348		
	idem, col terzo	0, 92	3, 80	0, 042	0, 050	1, 100	1, 127		
CALCE IDRAULICA dei contorni di Nismes (Gard).	estinta col primo metodo. .	2, 40	6, 28	0, 044	0, 110	1, 304	1, 462	2, 500	1, 000
	idem, col secondo.	1, 20	4, 75	0, 041	0, 082	1, 236	1, 253		
	idem, col terzo	0, 80	2, 95	0, 037	0, 070	1, 104	1, 122		
IDEM, di Saint-Ceré (Lot).	estinta col primo metodo .	1, 92	5, 98	0, 048	0, 080	1, 193	1, 227	2, 653	0, 777
	idem, col secondo.	1, 10	3, 60	0, 040	0, 075	1, 157	1, 183		
	idem, col terzo	0, 32	2, 00	0, 036	0, 037	1, 063	1, 170		
CALCE MEZZANAMENTE IDRAULICA di Cabessut (Lot).	estinta col primo metodo.	2, 16	6, 29	0, 051	0, 090	1, 183	1, 222	2, 573	0, 700
	idem, col secondo.	0, 90	3, 16	0, 049	0, 082	1, 233	1, 275		
	idem, col terzo	0, 75	2, 20	0, 040	0, 060	1, 096	1, 212		
CALCE GRASSA COMUNE.	estinta col primo metodo.	2, 90	6, 85	0, 121	0, 200	0, 554	1, 656	2, 653	1, 000
	idem, col secondo.	0, 82	2, 64	0, 033	0, 050	1, 114	1, 145		
	idem, col terzo	1, 95	3, 60	0, 039	0, 050	1, 029	1, 043		
CALCE MOLTO GRASSA.	estinta col primo metodo.	6, 48	9, 12	0, 222	0, 500	1, 611	2, 008	2, 462	0, 134
	idem, col secondo.	0, 96	6, 50	0, 060	0, 170	1, 007	1, 334		
	idem, col terzo	4, 32	8, 88	0, 080	0, 250	1, 385	1, 410		
CALCE EMINENTEMENTE GRASSA.	estinta col primo metodo.	8, 85	8, 94	0, 166	0, 500	1, 493	2, 621	2, 332	0, 666
	idem, col secondo.	1, 92	6, 48	0, 121	0, 160	1, 136	1, 500		
	idem, col terzo	7, 20	8, 90	0, 133	0, 200	1, 572	1, 634		

Le durezze sono state misurate mediante l' azione d' un punteruolo; i numeri coi quali esse sono espresse, sono inversamente proporzionali alle profondità dei fori prodotti da un certo numero di giri, sotto una pressione costante.

TABELLA N.º III.

IN SOSTEGNO DEL CAPO VII.

AZIONE COMPARATA DELL' ACIDO MURIATICO SULLE ARGILLE

PRESE IN DIVERSI STATI.

INDICAZIONE DELLE ARGILLE.	PRINCÌPI COSTITUENTI. delle argille in 100 parti.					PORZIONI DI TALI PRINCÌPI, DISCIOLTE NELLA DIGESTIONE muriatica, per cento parti dell' argilla.								
						nello stato naturale			calcinata in polvero in contatto dell'aria			calcinata in polvere in vaso chiuso		
	SILICE	ALLUMINA	CARBONATO DI CALCE	OSSIDO DI FERRO	ACQUA	ALLUMINA	OSSIDO DI FERRO	CARBONATO DI CALCE	ALLUMINA	OSSIDO DI FERRO	CARBONATO DI CALCE	ALLUMINA	OSSIDO DI FERRO	CARBONATO DI CALCE
Argilla plastica bianca di Loupiac (Lot) (2)	61,00	31,00	. . .	. . .	8,00	2,85	. . .	. . .	12,40	. . .	. . .	5,48	. . .	. . .
Argilla bigia effervescente di Souillac (Lot) (3).	43,63	32,90	2,16	9,29	12,02	6,00	6,46	2,13	18,20	6,60	2,12	non	fatto	. . .
Argilla ocrosa bruna, giacente fusa entro delle crepacce di rocce calcaree (1)	42,06	28,67	. . .	12,33	16,94	6,04	5,35	. . .	17,40	7,00	. . .	7,20	4,15	. . .
Argilla ocrosa rosso-sanguigna, ricavata da un' arena (4) . . .	43,40	26,00	. . .	18,60	12,00	2,30	13,86	. . .	15,00	9,80	. . .	non	fatto	. . .
Argilla rossa feccia di vino, di Baye (Nièvre) (5).	42,60	15,96	24,64	8,00	8,80	1,75	3,51	24,64	2,00	3,00	24,60	non	fatto	. . .

TABELLA N.° III. *bis.*

IN SOSTEGNO DEL CAPO VII.

PARAGONE DELLE QUALITÀ DEGL' INGREDIENTI DEI CEMENTI

IDRAULICI, E MODO DI PROCEDERE DI ESSI INGREDIENTI INVERSO DELL' ACIDO MURIATICO.

INDICAZIONE DEGL' INGREDIENTI.	PRINCIPI costituenti degl' ingredienti nello stato naturale in 100 parti.							PORZIONI di tai principi disciolte nella digestione muriatica ***				MODO di procedere degl' ingredienti con la calce grassa				OSSERVAZIONI.
												Proporzioni delle miscele		Solidificazione		
	Silice	Allumina	Ossido di ferro	Carbonato di calce	Calce	Potassa e soda	Acqua	Allumina	Ossido di ferro	Carbonato di ferro	Principi non riconosciuti	Calce grassa misurata in pasta, ottenuta con l'estinzione ordinaria.	Ingredienti nello stato polvescente commisti alla calce	Tempo della presa	Depressione prodotta dalla percossa dei gamboidi prova dopo un anno d'immersione	
SOSTANZE MOLTO ENERGICHE														gior.	mill.	
Trass d'Audernack contenente.	46,60	20,60	12,00	. . .	3,00	5,00	12,80	12,20	5,60	. . .	9,40	2,00	1,00	8,00	2,26	
Pozzolana feccia-di-vino d'Italia, contenente	52,00	16,00	15,00	. . .	1,95	4,05	11,00	9,00	11,40	. . .	5,60	2,00	3,00	2,50	1,85	Si scheggia alla percossa.
Pozzolana fattizia, risultante dalla calcinazione in polvere di un'argilla ocrosa bruna (1), contenente.	42,06	28,67	12,33	. . .	. . .	. . .	16,94	17,40	7,00	. . .	. . .	1,00	3,00	3,00	2,10	
												2,00	3,00	1,00	2,00	Idem
Idem di un'argilla plastica, bianca (2), contenente. . .	61,00	31,00	. . .	. . .	. . .	. . .	8,00	12,40	. . .	. . .	. . .	2,00	3,00	2,50	2,50	Idem
Idem, d'un'argilla bigia, leggermente effervescente (3), contenente.	43,63	32,90	9,29	2,16	. . .	. . .	12,02	18,20	6,60	2,12	. . .	2,00	3,00	2,00	2,20	Idem
Idem, d'un'argilla bruna, ocrosa (4), contenente . . .	43,40	26,00	18,60	. . .	. . .	. . .	12,00	15,00	9,80	. . .	. . .	2,00	3,00	2,50	2,50	Idem
Idem di un argilla rossa, molto effervescente (5), contenente	42,60	15,96	8,00	24,64	. . .	. . .	8,80	2,00	3,00	24,60	. . .	2,00	3,00	1,00	3,00	

SOSTANZE ENERGICHE																
Argilla ocrosa, ricavata per lavanda da un' arena di Périgord, contenente. . . .	43, 60	28, 40	13, 00	...	...	...	15, 00	16, 47	11, 53	...	...	1, 00	3, 00	3, 00	6, 11	Il gambo si configge senza produrre scheggie.
Pozzolana fattizia risultante da un' argilla ocrosa arcicotta, contenente	42, 06	28, 67	12, 33	...	...	...	16, 94	10, 50	3, 03	...	...	2, 00	3, 00	9, 00	6, 75	Idem
SOSTANZE POCO ENERGICHE																
Argilla ricavata dall' arena di Montignac (Dordogne), contenente	48, 40	24, 60	11, 00	...	...	...	16, 00	7, 93	5, 55	...	...	1, 00	3, 00	18, 00	9, 03	Idem
Argilla ricavata dall' arena di Sancerre (sponde della Loire), contenente	47, 60	22, 00	10, 40	...	...	...	20, 00	10, 00	5, 40	...	...	1, 00	3, 00	6, 00	8, 20	Idem
Psammite bruna di Kergoat (Finistère), di mediocre qualità, contenente.	60, 80	15, 20	9, 00	...	...	...	15, 00	5, 20	8, 80	...	...	1, 00	3, 00	17, 00	10, 20	Idem
SOSTANZE INERTI																
Sabbie quarzose.	100, 00	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1, 00	2, 00	indef.	molle	
Argilla ocrosa, spinta fino alla fusione pastosa, contenente.	42, 06	28, 67 (*)	12, 33 (**)	...	...	...	16, 94	...	...	...	...	1, 00	2, 00	idem	idem	
Rosticci e scorie degli Alti-Fornelli.	37, 00	19, 00	6, 40	...	38, 60	...	...	...	...	...	...	1, 00	2, 00	idem	idem	

(*) L' allumina contiene da 3 a 4 centesimi di magnesia. (**) Il ferro è nello stato di protossido.

(***) Le sostanze soggettate alla digestione muriatica erano nello stato specificato nella prima colonna.

TABELLA N.° IV.

IN SOSTEGNO DEL CAPO VIII.

PARAGONE DI DIVERSE POZZOLANE FATTIZIE, CON LA POZZOLANA D' ITALIA, IL TRASS D' ANDEMACK ED IL CEMENTO D' ACQUA FORTE

INDICAZIONE degl' INGREDIENTI	PROPORZIONI dei CEMENTI FABBRICATI		TEMPO	Depressione prodotta dalla percossa del gambo di sperimento dopo un anno d' immersione.	OSSERVAZIONI
	Calce grassa misurata in pasta, ottenuta con l'estinzione ordinaria:	Ingredienti nello stato polvescente	della presa del cemento		
			gior.	mill.	
Cemento d' acqua forte di Parigi	1, 00	3, 00	2, 50	2, 80	
Pozzolana d' Italia, rossa feccia di vino	1, 00	3, 00	3, 00	2, 10	
	2, 00	3, 00	2, 50	1, 85	
Trass d' Andemack	1, 00	2, 00	8, 00	2, 26	
SOSTANZE ARGILLOSE					
CALCINATE IN POLVERE ED AL CONTATTO DELL' ARIA					
Argilla ocrosa (1) deposta per feltramento fra delle crepacce calcaree, calcinate in polvere	1, 00	3, 00	0, 50	1, 65	Tutti questi cementi danno delle schegge alla percossa.
	2, 00	3, 00	1, 00	2, 00	
Argilla ocrosa ricavata per lavaoda da un' arena fosca (4), *idem*	2, 00	3, 00	2, 50	2, 50	
Argilla effervescente di Bayé (Nièvre), *idem*	2, 00	3, 00	1, 00	3, 00	
Argilla plastica refrattaria di Loupiac (2) (Lot) *idem*.	2, 00	3, 00	2, 50	2, 50	
Argilla plastica di Nevers, *idem*	1, 00	3, 00	1, 50	3, 30	
Argilla bigia leggermente effervescente, di Souillac (3) (Lot), *idem*	2, 00	3, 00	2, 00	2, 20	
Arena di Châtillon (Nièvre), *idem*.	1, 00	3, 00	1, 50	2, 55	
Arena di Lamothe (Lot), *idem*.	2, 00	3, 00	1, 50	4, 00	
Psammite di Kergoat	2, 00	3, 00	1	1, 2[illegible] *	* Quest' esperienza, comunicata dall' inge...

					gnere Avril, è stata fatta su d' un cemento immerso da più d' un anno.
SOSTANZE ARGILLOSE CALCINATE IN POLVERE ED IN VASE CHIUSO					
Argilla ocrosa, segnata (1)	2, 00	3, 00	5, 00	1, 70	** I cementi ottenuti da queste due sperienze, erano sensibilmente deteriorati in superficie fino a 5 o 6 millim. di spessezza; essi aderivano con tal forza alle pareti dei bicchieri che li contenevano, che fu d' uopo ridurre questi in polvere per separarneli.
Argilla refrattaria, segnata (2)	2, 00	3, 00	7, 00	2, 00	
SOSTANZE ARGILLOSE COTTE MODERATAMENTE IN FRANTUMI ED AL CONTATTO DELL' ARIA					
Argilla ocrosa, segnata (1)	1, 00	2, 00	4, 00	4, 20	
	2, 00	3, 00	4, 50	4, 80	
Mattone pesto del paese (Lot)	1, 00	2, 00	9, 00	6, 29	
	2, 00	3, 00	12, 00	7, 00	
Argilla plastica, segnata (a)	1, 00	2, 00	4, 00	4, 60	
	2, 00	3, 00	5, 00	5, 30	I cementi di queste due serie non danno schegge alla percossa.
Argilla bigia effervescente, segnata (3)	1, 00	2, 00	5, 50	4, 80	
	2, 00	3, 00	5, 50	6, 50	
SOSTANZE ARGILLOSE ED ALTRE FORTEMENTE COTTE IN FRANTUMI					
Argilla ocrosa, segnata (1)	2, 00	3, 00	»	11, 23	Le virgolette accennano che la superficie de' cementi immersi non ha mai potuto sostenere il gambo che serve a misurare il tempo della prima presa.
Argilla bigia effervescente, segnata (3)	2, 00	3, 00	»	15, 40	
Scisto ardesia	2, 00	3, 00	201, 00	12, 24	
Grès ferruginosa	2, 00	3, 00	»	9, 54	
Basalte	2, 00	3, 00	»	15, 31	

Nota — Quando la cottura è spinta fino alla fusione pastosa, le malte addivengono (tranne lo scisto), del tutto inerti.

TABELLA N.° V.

IN SOSTEGNO DEL CAPO IX.

PARAGONE CHE SERVE A STABILIRE LE CONVENIENZE

RECIPROCHE DELLE DIVERSE CALCI CO' DIVERSI INGREDIENTI DELLE MALTE E DE' CEMENTI.

INDICAZIONI.	PROPORZIONI delle miscele			TEMPO della presa della malta o del cemento immerso	DEPRESSIONE prodotta dalla percossa del gambo di sperimento dopo un anno d'immers.
	CALCINA in pasta ottenuta con l'estinzione ordinaria	SABBIA quarzosa	POZZOLANA naturale o artifiziale in polvere		
MALTE IMMERSE					
COMPOSTE DI CALCINA EMINENTEMENTE IDRAULICHE E SABBIE QUARZOSE, O MATERIE INERTI.					
Calce eminentemente idraulica della vallata di Rioges (Nièvre), con sabbia della Loire				gior.	millim.
Idem, del sotterraneo di Baye (Nièvre), con Sabbia della Loire.	100	150	. . .	2, 50	2, 20
Idem, di Vaux-Helles presso di Saint-Privé (Nièvre), con sabbia della Loire.	100	150	. . .	4, 00	2, 95
Idem, delle marne di Devay-sur-Loire, con sabbia della Loire	100	150	. . .	4, 00	3, 40
Idem di Fertotot al Bec d'Allier con sabbia della Loire.	100	150	. . .	4, 00	1, 85
Idem, di Quenon (Isle et Vilaine), con sabbia quarzosa della Vilaine	100	150	. . .	8, 00	2, 00
Idem, di Pompeau (Isle et Vilaine), con sabbia quarzosa della Vilaine.	100	150	. . .	4, 00	3, 34
Idem, di Virier (Ardèche), con sabbia granitica della Dordogne	100	150	. . .	3, 50	3, 89
	100	150	. . .	[illegible]	[illegible]

COMPOSTI DI CALCINA MOLTO GRASSA E POZZOLANE MOLTO ENERGICHE.					
Calce molto grassa, con pozzolana d'Italia	100	. . .	300	3, 00	3, 00
	100	. . .	150	2, 50	3, 00
Idem, col trass d' Audernack.	100	. . .	200	3, 00	2, 26
Idem, con cemento d' acqua-forte	100	. . .	300	2, 50	2, 80
Idem, con pozzolane fattizie derivanti dalla calcinazione di varie argille antecedentemente polverizzate, risultamento medio delle 14 sperienze della tabella n.° IV.	100	. . .	300	1, 44	2, 58
	200	. . .	300		
CEMENTI IMMERSI					
COMPOSTI DI CALCI MEZZANAMENTE IDRAULICHE E POZZOLANE SEMPLICEMENTE ENERGICHE, O MISCELE DI MATERIE INERTI CON POZZOLANE MOLTO ENERGICHE.					
Calce mezzanamente idraulica con cocci pesti, resultato medio di parecchi sperimenti	100	. . .	200	2, 50	3, 44
	100	. . .	150		
Idem, con argille molto cotte, resultato medio di più sperimenti.	100	. . .	200	3, 00	3, 45
	100	. . .	150		
Idem, con argille calcinate in polvere temperate con metà di sabbia quarzosa, resultato medio di più sperimenti.	100	. . .	200	4, 00	2, 92
	100	. . .	150		

I fatti raccolti in sostegno del capo IX, sono talmente numerosi, che per non estendere di molto o moltiplicare le tabelle è stato mestieri accontentarsi de' resultati medi; ce n'è parecchi del resto che sonosi eliminati come superflui.

TABELLA N.º VI.

MALTE E CEMENTI IDRAULICI

IN SOSTEGNO DEL CAPO X.

PARAGONATI NEL RISPETTO DEL MODO DI ESTINZIONE ADOPERATO

INDICAZIONI.	CALCINA IN PASTA	SABBIA GRANITICA	COCCI PESTI	POZZOLANA ARTIFIZIALE ENERGICA	POZZOLANA ARTIFIZIALE MOLTO ENERGICA	BATTITURA DI FERRO	ROSTICCI	TEMPO DELLA PRESA			DEPRESSIONI PRODOTTE DALLA PERCOSSA DEL GAMBO DI SPERIMENTO					
											dopo tre anni d'immersione			dopo due anni d'immersione		
								O.	I.	S..	O.	I.	S.	O.	I.	S.
MALTE E CEMENTI DI CALCINA MOLTO GRASSA DI LAURAC (Lot.)								gior.	gior.	gior.	mill.	mill.	mill.	mill.	mill.	mill.
Le depressioni medie sono rispettivamente pel	2,00	1,00	1,00	. . .	. . .	. . .	. . .	39,00	101,00	7,00	11,23	5,92	4,99	6,49	5,72	4,77
1°. 2°. e 3°. metodo d'estinzione, cioè:	1,33	. . .	2,00	. . .	. . .	. . .	. . .	9,00	17,00	26,00	6,29	3,81	4,09	4,96	3,06	3,06
mill. mill. mill.	2,00	1,00	. . .	. . .	1,00	. . .	. . .	16,00	7,00	8,00	7,63	6,11	5,13	5,53	4,20	3,50
dopo il 1°. anno 7,33; 5,01; 4,05;	1,33	. . .	. . .	. . .	2,00	. . .	. . .	4,00	4,00	4,00	4,20	4,20	4,09	3,06	3,06	3,02
dopo il 2°. anno 5,01; 4,01; 3,56.	1,80	2,00	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	52,00	molle	molle	16,58	molle	molle	15,31
MALTE E CEMENTI DI CALCE MOLTO GRASSA DI LOUPIAC (Lot.)	4,50	1,00	. . .	1,00	. . .	. . .	. . .	18,00	87,00	16,00	13,49	4,96	4,20	10,72	4,39	4,09
	3,00	. . .	2,00	. . .	. . .	. . .	. . .	26,00	81,00	33,00	5,34	4,20	4,20	4,20	2,48	2,35
Le depressioni medie sono rispettivamente pel	4,50	. . .	1,00	. . .	. . .	. . .	1,00	61,00	52,00	60,00	9,18	4,58	4,09	7,25	4,20	3,44
1°. 2°. e 3°. metodo di estinzione, cioè:	2,16	1,00	1,00	. . .	. . .	. . .	. . .	331,00	250,00	42,00	12,07	10,13	5,53	10,13	8,03	4,71
mill. mill. mill.	2,16	1,00	. . .	. . .	1,00	. . .	. . .	5,00	17,00	20,00	6,69	4,77	4,39	6,69	4,20	3,62
	1,50	. . .	. . .	. . .	2,00	. . .	. . .	1,00	1,00	1,00	3,81	2,86	2,86	3,44	2,67	2,67
dopo il 1.° anno, 8,43; 5,25; 4,21;	1,50	1,00	. . .	. . .	. . .	1,00	. . .	. . .	. . .	. . .	molle	mollo	molle	molle	molle	molle
dopo il 2.° anno, 7,07; 4,33; 3,48.	2,25	2,00	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	idem	idem	idem	idem	idem	15,31

MALTE E CEMENTI DI CALCINA GRASSA COMUNE.	3,00	1,00	. . .	1,00	. . .	. . .	. . .	14,00	2,00	4,00	7,06	5,34	4,09	5,72	4,96	3,62
	2,00	. . .	2,00	. . .	. . .	. . .	. . .	73,00	7,00	31,00	5,53	4,20	4,09	4,09	3,06	3,06
Le depressioni medie sono rispettivamente pel 1.° 2.° e 3.° metodo di estinzione, cioè:	3,00	. . .	1,00	. . .	. . .	. . .	1,00	321,00	2,00	12,00	7,83	4,77	4,20	6,11	2,67	2,48
	2,16	1,00	1,00	. . .	. . .	. . .	. . .	73,20	3,00	37,00	6,29	5,72	4,58	6,11	3,62	3,91
mill. mill. mill.	2,16	1,00	. . .	. . .	1,00	. . .	. . .	3,00	2,00	3,00	5,53	4,39	4,20	5,53	4,20	3,81
	1,44	. . .	. . .	. . .	2,00	. . .	. . .	2,00	1,00	1,00	4,20	2,86	2,67	3,06	2,86	2,48
dopo il 1.° anno, 6, 07; 4, 54; 3, 97;	1,50	1,00	. . .	. . .	. . .	1,00	. . .	. . .	. . .	. . .	molle	molle	molle	molle	molle	molle
dopo il 2.° anno, 5, 09; 3, 56; 3, 23.	1,35	2,00	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	idem	idem	idem	idem	idem	idem
MALTE E CEMENTI DI CALCINA DEBOLMENTE IDRAULICA.	3,00	1,00	. . .	1,00	. . .	. . .	. . .	15,00	16,00	15,00	6,89	6,29	4,39	6,69	5,72	2,62
	2,00	. . .	2,00	. . .	. . .	. . .	. . .	24,00	24,00	22,00	4,09	3,81	3,81	3,06	3,81	2,83
Le depressioni medie sono rispettivamente pel 1.° 2.° e 3.° metodo di estinzione, cioè:	3,00	. . .	1,00	. . .	. . .	. . .	1,00	39,00	7,00	6,00	8,41	3,24	3,17	7,23	3,06	3,06
	2,16	1,00	1,00	. . .	. . .	. . .	. . .	33,00	16,00	22,00	6,11	4,96	4,20	5,72	3,81	3,54
mill. mill. mill.	2,16	1,00	. . .	. . .	1,00	. . .	. . .	2,00	7,00	7,00	5,13	4,58	3,62	3,44	3,44	3,24
	1,44	. . .	. . .	. . .	2,00	. . .	. . .	4,00	7,00	8,00	2,86	2,29	2,10	2,86	1,91	1,91
dopo il 1.° anno, 7, 00; 5, 13; 4, 38;	1,50	1,00	. . .	. . .	. . .	1,00	. . .	113,00	103,00	150,00	11,32	8,03	6,89	10,72	8,03	6,67
dopo il 2.° anno, 6, 11; 4, 45; 3, 92.	1,50	2,00	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	65,00	63,00	77,00	11,23	7,85	6,89	9,18	7,83	6,89
CEMENTI E MALTE DI CALCINE IDRAULICHE E SOMMAMENTE IDRAULICHE.	1,00	1,00	1,00	. . .	. . .	. . .	. . .	6,00	8,00	8,00	3,34	3,44	5,80	2,67	2,95	4,73
	1,00	. . .	2,00	. . .	. . .	. . .	. . .	16,00	10,00	12,00	3,94	4,00	6,10	3,20	3,30	5,60
	1,00	1,00	. . .	1,00	. . .	. . .	. . .	10,00	6,00	15,00	3,40	3,76	6,20	2,60	2,60	5,90
	1,00	. . .	. . .	2,00	. . .	. . .	. . .	7,00	6,00	8,00	4,11	4,66	6,60	3,42	3,10	6,00
	1,00	2,00	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	12,00	6,00	15,00	3,10	3,30	5,49	2,36	2,60	4,80
Le depressioni medie sono rispettivamente pel 1.° 2.° e 3.° metodo di estinzione, cioè:	1,00	1,00	1,00	. . .	. . .	. . .	. . .	3,00	3,00	4,00	2,85	2,80	3,85	. . .	. . .	. . .
mill. mill. mill.	1,00	. . .	2,00	. . .	. . .	. . .	. . .	4,00	3,00	6,00	3,00	3,10	4,00	. . .	. . .	. . .
dopo il 1.° anno, 3, 22; 3, 38; 5, 00.	1,00	1,00	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	3,00	2,00	5,00	2,90	2,95	3,90	. . .	. . .	. . .
dopo il 2.° anno, gli sperimenti non sono compiuti.	1,00	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	3,00	2,00	4,00	3,44	3,60	4,50	. . .	. . .	. . .
	1,00	2,00	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	3,00	3,00	4,00	2,10	2,20	3,60	. . .	. . .	. . .

Nota — I cementi e le malte non avendo potuto essere tutte immerse nella stessa stagione, e quindi in un'acqua di uguale temperatura, non bisogna fissarsi a paragonare i numeri esprimenti la celerità della presa. Si sono a bella posta usate proporzioni di calcina svariatissime e quasi arbitrarie, per vie meglio compruovare la generalità dei fatti da osservare.

Le lettere O, I, S, poste in cima alle ultime rubriche, indicano rispettivamente l'uso dei metodi di estinzione, *Ordinario*, *per Immersione* e *Spontaneo*.

TABELLA N.° VII. PARAGONE DELLE RESISTENZE RELATIVE

IN SOSTEGNO DEL CAPO X. DI DIVERSE MALTE E CEMENTI IDRAULICI IMMERSI IN DIVERSI GRADI DI CONSISTENZA

INDICAZIONI.	DUREZZE RELATIVE misurate esattissimamente mediante un punteruolo dopo 8 mesi d' immersione
1.° Un cemento composto di 100 parti d'idrato di calce grassa estinta per immersione e di 200 parti di pozzolana fattizia energica, essendo stato immerso a giusta consistenza, e soggettato dopo otto mesi alla pruova del punteruolo, ha esibito una resistenza rappresentata da.	1000
2.° Lo stesso cemento, dopo avergli lasciato prendere all'aere una maggiore consistenza, o tale che fu immerso tutto franto e slegato, non ha offerto, nelle medesime circostanze, che .	143
3.° Lo stesso, dopo averlo lasciato diventare affatto bianco ad un tempo caldissimo, siffattamente che fu immerso asciutto, polvescente e slegato, ha dato	333
4.° Lo stesso, preso nello stato n.° 2, ma distemperato e ridotto con addizione di acqua alla consistenza del n.° 1 ed immediatamente immerso, ha dato	1000
5.° Lo stesso, preso nello stato del n.° 3, ma distemperato o ridotto con addizione di acqua alla consistenza del n.° 1, e subito immerso ha dato.	1000
6.° Lo stesso preso nello stato di consistenza n.° 2, ma immerso con involucro e conservando la coesione di già acquistata, ha dato	2000
Una seconda serie di smalti fabbricati con 100 parti d'idrato di calce mezzanamente idraulica, ottenuto con l'estinzione ordinaria, 50 parti di pozzolana energica e 100 parti di sabbia quarzosa, ha esibito nelle stesse circostanze e rispettivamente nello stesso ordine di sopra,	
CIOÈ:	
1.°	1000
2.°	116
3.°	122
4.°	1000
5.°	1000
6.°	2000

		TEMPO della presa	DEPRESSIONI prodotte dalla percossa del gambo di pruova dopo un anno d'immersione.
		giorni	millim.
Malta composta di 100 parti di calcina eminentemente idraulica, della valle di Rioges (Nièvre), e di 100 parti di sabbia della Loire, immersa.	in consistenza soda a duttile.	3, 00	3, 00
	in consistenza molte molle. .	7, 00	6, 67
Malta, idem, di calcina sommamenta idraulica, dei dintorni di Champ-Vert (Nièvre), ed immersa,	in consistenza soda a duttile.	3, 00	4, 20
	in consistenza molto molle. .	7, 00	7, 60
Malta, idem, di calcina sommamente idraulica, di Beauvoir (Nièvre), ed immersa,	in consistenza soda a duttile.	3, 00	3, 85
	in consistenza molto molle. .	5, 00	6, 35
Malta, idem, di calcina sommamento idraulica, del dominio di Fleury, dipendenza di Germancy (Nièvre), ed immersa,	in consistenza soda a duttile.	3, 00	3, 08
	in consistenza molto molle. .	5, 00	8, 22

Nota — Queste ultime sperienze furono da noi intraprese, a Nevers, nel corso della state del 1825, e continuate fino al mese di settembre 1826, dai SS. ingegneri di Ponti e Strade Vigoureux e Barrande.

TABELLA N.° VIII. — IN SOSTEGNO DEL CAPO X.

CEMENTI E MALTE IDRAULICHE PARAGONATE.

IN RISPETTO ALLO SCADIMENTO CHE SOFFRONO ALLA LORO SUPERFICIE

COMPOSIZIONE DELLE MALTE E DEI CEMENTI						SPESSEZZA DELLE PARTI DETERIORATE DI VARIE MALTE IDRAULICHE DELL'ETÀ DI DUE ANNI			
CALCINA IN PASTA SPENTA		SABBIA	SCAGLIE	MATTONE	POZZOLANA	DI CALCINA	DI CALCINA	DI CALCINA	DI CALCINA
nel modo ordinario	per immersione	granitica	di ferro	pesto	fattizio molto energica	sommamente idraulica	mezzanamente idraulica	grassa comune	estremamente idraulico
						mill.	mill.	mill.	mill.
2,00	. . .	1,00	1,00	. . .	. . .	0,00	11,00	14,00	18,00
. . .	2,00	1,00	1,00	. . .	. . .	0,00	9,00	10,00	17,00
2,00	. . .	2,00	. . .	. . .	. . .	0,00	9,00	11,00	18,00
. . .	2,00	2,00	. . .	. . .	. . .	0,00	6,00	7,00	18,00
2,00	. . .	1,00	. . .	1,00	. . .	0,00	5,00	6,00	9,00
. . .	2,00	1,00	. . .	1,00	. . .	0,00	4,00	6,00	8,50
2,00	. . .	. . .	. . .	2,00	. . .	0,00	4,00	5,50	7,00
. . .	2,00	. . .	. . .	2,00	. . .	0,00	3,00	3,00	6,00
2,00	. . .	1,00	. . .	. . .	1,00	0,00	1,50	3,00	5,00
. . .	2,00	1,00	. . .	. . .	1,00	0,00	0,00	2,50	4,00
2,00	. . .	. . .	. . .	. . .	2,00	0,00	0,00	1,50	2,00
. . .	2,00	. . .	. . .	. . .	2,00	0,00	0,00	0,00	1,50

CELERITA' DELLA PRESA DI VARI CEMENTI E MALTE IDRAULICHE

paragonata alla resistenza acquistata dopo un' anno d' immersione.

INDICAZIONI.	TEMPO della presa	DEPRESSIONE prodotto dall'urto del gambo di pruova
	gior.	gior.
Cemento naturale, derivante da una calcarea argillosa di Belleville, sulle rive della Loire (Nièvre)	15, 00	4, 80
Idrato di calce ricavato da una calcarea arenacea, argillifera, cotta in contatto del carbone di legna.	19, 00	4, 50
Cemento contenente 100 parti d' idrato di calce grassa, e 300 parti di pozzolana fattizia, derivante da una debolissima calcinazione in frantumi d' un' argilla rossa effervescente	18, 00	3, 10
Malta composta di 100 parti di calce sommamente idraulica, di Chavance (Nièvre), e di 150 parti di sabbia della Loire.	11, 00	3, 00
Cemento naturale, derivante da una calcarea argillosa, tratta da Assigny presso Savigny (Nièvre).	9, 00	2, 93
Malta composta di 100 parti d' idrato di calce sommamente idraulica, di Fortotot (Nièvre) o di 150 parti di sabbio della Loire.	8, 00	2, 40
Malta composta di 100 parti d' idrato di calce sommamento idraulica, ricavato da una calcarea arenacea argillifera, o di 100 parti di Sabbio della Loire	8, 00	2, 00
Idrato di calce sommamento idraulica molto magra, ricavata dal dominio del Ponte presso il ruscello del Creil, sulle rive della Loire (Nièvre)	7, 00	1, 10
Malta composta di 100 parti d' idrato di calce mezzanamente idraulica di Vitry (Nièvre), e di 150 parti di Sabbio della Loire	8, 00	9, 25
Malta composta di 100 parti d' idrato di calce mezzanamente idraulica di Garnot sullo Loire, e di 150 parti di Sabbia della Loire.	6, 00	8, 55
Cemento composto di 100 parti d' idrato di calce grassa o di 100 parti d' arena di Sancerre, sulle rive della Loire.	6, 00	8, 20
Cemento composto di 100 parti d'idrato di calce molto grassa, e di 300 parti d'arena del Petrau (Gironde).	3, 00	7, 33
Cemento composto di 100 parti d'idrato di calce molto grassa, e di 300 parti d'arena d'Herry, sulla Loire.	6, 00	6, 60
Idrato di calce idraulica, derivante dalla calcarea di Chevanes presso Decise (Nièvre)	3, 00	5, 45

TABELLA N.º IX.

IN SOSTEGNO DEL CAPO X.

CELERITÀ DELLA PRESA DI VARI CEMENTI,

PARAGONATA ALLE PROPORZIONI ED ALLA DUREZZA ACQUISTATA DOPO UN ANNO D' IMMERSIONE.

NUMERI delle malte	CALCE estinta per immersione e misurata in polvere non rassettata, molto grassa	mezzanamento idraulica	SABBIA granitica	POZZOLANA artifiziale	TEMPO della presa	DEPRESSIONI prodotte dall'urto d'una punta d'acciaio cadente da un'altezza costante
					gior.	millim.
1	2, 70	. . . . . .	1, 00	1, 00	19, 00	12, 07
2	2, 00	. . . . . .	1, 00	1, 00	16, 00	5, 34
3	1, 50	. . . . . .	1, 00	1, 00	18, 00	5, 05
4	1, 00	. . . . . .	1, 00	1, 00	8, 00	3, 81
5	0, 50	. . . . . .	1, 00	1, 00	9, 00	4, 20
1	2, 70	. . . . . .	. . . . .	2, 00	8, 00	3, 81
2	2, 00	. . . . . .	. . . . .	2, 00	8, 00	3, 12
3	1, 50	. . . . . .	. . . . .	2, 00	7, 00	2, 48
4	1, 00	. . . . . .	. . . . .	2, 00	6, 00	2, 29
5	0, 50	. . . . . .	. . . . .	2, 00	6, 00	3, 62
1	. . . . . .	2, 70	1, 00	1, 00	17, 00	6, 11
2	. . . . . .	2, 00	1, 00	1, 00	16, 00	4, 58
3	. . . . . .	1, 50	1, 00	1, 00	12, 00	4, 58
4	. . . . . .	1, 00	1, 00	1, 00	8, 00	4, 09
5	. . . . . .	0, 50	1, 00	1, 00	12, 00	4, 86
1	. . . . . .	2, 70	. . . . .	2, 00	12, 00	3, 56
2	. . . . . .	2, 00	. . . . .	2, 00	12, 00	3, 48
3	. . . . . .	1, 50	. . . . .	2, 00	10, 00	3, 44
4	. . . . . .	1, 00	. . . . .	2, 00	8, 00	3, 24
5	. . . . . .	0, 50	. . . . .	2, 00	10, 00	3, 44

Questo prospetto ha per iscopo di mostrare che il tempo della presa è un indizio sufficientemente esatto della durezza futura che acquistano le malte o cementi immersi, quando non si paragonano fra loro che de' composti formati de' medesimi elementi, ma in proporzioni differenti.

TABELLA N.° X. RESISTENZE ASSOLUTE DELLE MALTE,

IN SOSTEGNO DEL CAPO XI. PARAGONATE CON QUELLE DEGL'IDRATI DI CALCE CHE NE COSTITUISCONO LA BASE

		INDICAZIONI.	CALCINA IN PASTA ottenuta con l' estinzione: ordinaria	per immersione	spontanea	SABBIA GRANITICA	RESISTENZA assoluta per centim. quad.: della base, o calce	della malta
MALTE DI CALCE	sommamente idraulica	Malta di calce ominentemente idraulica di Labourgade (Tarn et Ga-	. . .	1, 14	. . .	1, 50	4. 95	8, 70
		ronne), composta con proporziooi arbitrarie, dell'età di 23 mesi.	1, 00	. . .	. . .	1, 50	5, 15	9, 84
		Idem, composta nelle proporzioni cho rispondooo al *maximum* di resistenza.	1, 00	. . .	. . .	1, 80	5, 15	11, 62
		Malta di calce sommamento idraulica di Montélimart (Drome), composta di proporziooi arbitrarie dell' età di un anno	1, 00	. . .	. . .	1, 50	6, 79	8, 89
		Malta di calce sommamente idraulica di Vivier (Ardèche), composta *idem*, dell' età di un anno.	1, 00	. . .	. . .	1, 50	5, 80	7, 16
		Malta di calce sommameote idraulica di Baraigne (Lot) composta nelle proporzioni rispondenti al *maximum* di resistenza, e dell' età di 14 mesi	1, 00	. . .	. . .	1, 80	4, 68	18, 54
MALTE DI CALCE	mezzanamente e debolmente idraulica	Malta di calce mezzanamente idraulica di Saint-Ceré (Lot), composta di proporzioni arbitrarie, e dell' età di un anno.	1, 00	. . .	. . .	1, 50	5, 98	5, 60
		Malte di calce debolmente idraulica di Cabessut à Cahors; composte in proporzioni arbitrarie, e dell' età di 28 mesi, la 1.ª	1, 00	. . .	. . .	1, 50	7, 64	2, 40
		la 2.ª	. . .	1, 00	. . .	1, 50	4, 16	3, 74
		la 3.ª	. . .	. . .	1, 00	1, 50	3, 10	4, 68
MALTE DI CALCE	grassa e molto grassa	Malte di calce grassa ordinaria di Souillac (Lot), composta in proporzioni arbitrarie e dell'età di 22 mesi, la 1.ª	1, 08	. . .	. . .	1, 50	7, 80	2, 80
		la 2.ª	. . .	1, 08	. . .	1, 50	3, 25	3, 49
		Malte di calce molto grassa di Lanzac (Lot), composta nelle proporzioni rispondenti al *maximum* di resistenza, dell'età di 6 anni, la 1.ª	1, 00	. . .	. . .	0, 50	10, 95	4, 56
		la 2.ª	. . .	1, 00	. . .	1, 30	8, 60	4, 80
		la 3.ª	. . .	. . .	1, 00	1, 70	9, 45	6, 00

MALTE PARAGONATE NEL RISPETTO DELLA GROSSEZZA DELLA SABBIA ADOPERATA.

INDICAZIONI	PROPORZIONI: CALCINA in pasta	SABBIA fine	SABBIA grossa	Ghiaiuola	RESISTENZE assolute
Malte di calce sommamente idraulica di Labourgade (Tarn et Garonne), dell' età di 23 mesi	1, 00	1, 80	. . .	. . .	11, 62
	1, 00	. . .	1, 80	. . .	9, 45
	1, 00	. . .	. . .	1, 80	5, 60
	1, 00	0, 90	0, 90	. . .	10, 40
Malte di calce sommamente idraulica di Baraigne (Lot), dell' età di 14 mesi	1, 00	1, 80	. . .	. . .	18, 54
	1, 00	. . .	1, 80	. . .	12, 45
	1, 00	. . .	. . .	1, 80	9, 52
	1, 00	0, 90	0, 90	. . .	15, 60
Malte di calce mezzanamente idraulica di Saint-Ceré (Lot), dell' età di un anno.	1, 00	1, 80	. . .	. . .	5, 95
	1, 00	. . .	1, 80	. . .	4, 60
	1, 00	. . .	. . .	1, 80	3, 42
	1, 00	0, 90	0, 90	. . .	7, 44
Malte di calce molto grassa di Lanzac (Lot), dell'età di 22 mesi.	1, 00	2, 00	. . .	. . .	2, 88
	1, 00	. . .	2, 00	. . .	3, 84
	1, 00	. . .	. . .	2, 00	3, 60
	1, 00	1, 00	1, 00	. . .	3, 36

TABELLA N.° XI.

IN SOSTEGNO DEL CAPO XI.

MALTE TRATTE DA VARI EDIFIZI

PARAGONATE ALLE MALTE COMPOSTE PER GLI SPERIMENTI CON LE MEDESIME CALCINE.

INDICAZIONI	RESISTENZE assolute delle malte per centimetro quadrato
MALTE DI CALCINA DI MONTÉLIMART	
SOMMAMENTE IDRAULICA, COMPOSTE NEL MODO CONSUETO.	
N.° 1. Ricavato da una casa particolare di Montélimart, composta con sabbia fina in buone proporzioni, dell'età di 19 anni . .	chil. 5, 46
N.° 2. Ricavata da una vecchia torre di Montélimart, composta come la precedente, dell'età di 100 anni	7, 32
N.° 3. Fabbricate a Souillac, per le sperienze, con sabbia granitica fina anzi che nò, dell'età di 12 mesi e mezzo	8, 88
MALTE DI CALCINA DI VIVIERS	
SOMMAMENTE IDRAULICA, COMPOSTE NEL MODO CONSUETO.	
N.° 1. Ricavata da un muro di cinta di Viviers, composta con sabbia assai fine, in buone proporzioni, età ignota, ma che si presume non poter essere al disotto di 600 anni . .	9, 89
N.° 2. Fabbricate a Souillac per le sperienze con sabbia granitica assai fine, dell'età di 12 mesi	8, 21
MALTE DI CALCINA DI CAHORS,	
MEZZANAMENTE IDRAULICA, COMPOSTE NEL MODO CONSUETO.	
N.° 1. Ricavata dall'intorno di una casa particolare di Cahors. Malta magra di calce allagata con sabbia mediocremente grassa, dell'età di 22 anni	0, 70
N.° 2. *Idem*, si trovava fra due mattoni ed aveva subito un rapidissimo prosciugamento.	0, 67
N.° 3. *Idem*, aveva subito un prosciugamento regolare, ed era meglio fatta delle precedenti.	0, 96
N.° 4. *Idem*, delle fondazioni della stessa casa, dell'età di 23 anni, ed aveva subito un lento prosciugamento	3, 26
N.° 5. Ricavata dal ponte di Valentré a Cahors, composta con sabbia grossa o ghiaia, in giuste proporzioni, dell'età di 400 anni. .	chil. 4, 53
N.° 6. Fabbricata a Souillac per gli sperimenti, con sabbia granitica assai fine, dell'età di 20 mesi	2, 40
N.° 7. *Idem*, con grossa sabbia e ghiaiuola, dell'età di 22 mesi	7, 44
N.° 8. *Idem*, con sabbia grossa e sabbia fine meschiate, dell'età di 22 mesi.	6, 40
MALTE DI CALCINA DI LANZAC (Lot),	
MOLTO GRASSA, COMPOSTE NEL MODO CONSUETO.	
N.° 1. Ricavata da una casa particolare a Lanzac. Malta di cornice, piuttosto magra che grassa, composta con sabbia granitica assai fine, dell'età di 20 anni	1, 20
N.° 2. *Idem*, altro frammento.	1, 20
N.° 3. *Idem*, altro frammento	1, 42
N.° 4. *Idem*, altro frammento	1, 56
N.° 5. Ricavata da una chiesa, composta come le precedenti, ma meno magra, dell'età di 300 anni.	2, 32
N.° 6. Fabbricata a Souillac per le sperienze con la stessa sabbia, dell'età di 20 mesi. .	2, 25
MALTE DI CALCINA DI LOUPIAC (Lot),	
MOLTO GRASSA, FABBRICATE NEL MODO CONSUETO.	
N.° 1. Ricavata da una casa particolare a Loupiac. Malta piuttosto magra che grassa, composta con sabbia granitica assai fine, dell'età di 27 anni	1, 53
N.° 2. Ricavata dalla chiesa di Loupiac, anzi magra che grassa, composta con sabbia fossile, dell'età di 200 anni	1, 15
N.° 3. *Idem*, meno magra della precedente .	3, 12
N.° 4. Fabbricata a Souillac per gli sperimenti con sabbia granitica, dell'età di 20 mesi .	1, 27

TABELLA N.° XII.

IN SOSTEGNO DEI CAPI XI E XII.

MALTE PARAGONATE

NEL RISPETTO DELLE PROPORZIONI E DEL METODO DI ESTINZIONE

PROPORZIONI		RESISTENZE ASSOLUTE, PER CENTIMETRO QUADRATO, DELLE MALTE											
		DI CALCINA GRASSA COMUNE, DOPO 20 MESI						DI CALCINA SOMMAMENTE IDRAULICA, DOPO 14 MESI					
CALCINA misurata in pasta	SABBIA granitica ordinaria	di esposizione all' aere			di soggiorno sotterra			di esposizione all' aere			di soggiorno sotterra		
		O.	I.	S.	O.	I.	S.	O.	I.	S.	O.	I.	S.
		chil.	chil.	chil.				chil.	chil.	chil.	chil.	chil.	chil.
100	. . .	7,25	3,80	4,50	. . .	. . .	. . .	4,64	4,18	3,13	10,48	9,95	8,80
100	50	3,12	2,40	2,90	0,19	0,22	0,25	6,36	6,00	5,60	11,32	10,80	9,25
100	60	2,60	2,50	2,90	0,23	0,20	0,30	6,72	6,50	5,50	11,52	10,44	9,64
100	70	2,40	2,30	2,70	0,17	0,26	0,25	8,44	7,62	5,90	11,44	10,50	9,25
100	80	2,90	2,85	3,00	0,19	0,25	0,43	11,08	10,40	6,72	11,56	10,90	9,40
100	90	3,00	3,00	3,12	0,16	0,24	0,31	11,92	11,00	8,25	11,93	9,95	9,60
100	100	2,60	3,26	3,48	0,15	0,23	0,30	12,24	11,90	10,80	12,00	11,40	9,70
100	110	2,50	3,26	3,00	0,16	0,18	0,31	12,60	11,40	10,50	12,04	11,32	10,20
100	120	2,80	3,90	3,40	0,17	0,19	0,45	12,96	12,20	10,20	12,36	11,36	10,30
100	130	2,90	4,08	3,60	0,16	0,20	0,30	13,48	12,60	11,60	12,30	10,75	10,40
100	140	2,90	4,66	4,08	0,16	0,24	0,29	14,88	13,80	11,41	12,24	11,30	11,10
100	150	2,80	4,48	4,08	0,17	0,31	0,29	16,80	14,25	12,32	12,48	12,47	10,40
100	160	2,90	4,75	4,48	0,16	0,26	0,38	17,44	16,60	14,00	12,26	11,00	9,55
100	170	3,12	4,80	4,56	0,17	0,26	0,38	18,00	18,00	15,00	12,04	11,00	9,17
100	180	3,10	5,28	4,80	0,15	0,24	0,35	18,53	17,80	14,80	12,00	12,10	11,20
100	190	3,20	5,70	5,76	0,12	0,38	0,36	18,38	17,00	13,60	11,78	11,50	10,20
100	200	3,40	5,50	5,52	0,08	0,36	0,38	16,92	16,75	12,10	12,00	11,42	10,30
100	210	3,36	5,70	5,76	0,12	0,36	0,39	15,64	15,40	11,40	12,24	11,30	9,50
100	220	3,60	5,76	6,68	0,11	0,31	0,38	15,00	14,25	11,20	12,48	10,00	9,60
100	230	3,60	5,14	6,00	0,11	0,36	0,38	14,40	12,10	10,60	13,29	10,25	9,25
100	240	3,60	5,28	4,48	0,11	0,24	0,39	13,92	12,40	10,00	12,62	10,30	9,30
100	250	3,50	4,60	5,04	0,11	0,31	0,38	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
100	260	3,35	4,80	4,48	0,10	0,48	0,53	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
100	270	2,90	4,90	4,48	0,09	0,48	0,51	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
100	280	2,90	4,30	4,40	0,08	0,31	0,43	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
100	290	3,49	3,90	4,20	0,09	0,19	0,29	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .

Nota. **Le lettere O, I, S, indicano l'uso della calcina ottenuta con l'estinzione ordinaria, per immersione, o con l'estinziono spontanea.**

TABELLA N.° XIII.

IN SOSTEGNO DEI CAPI XI E XII.

MALTE DI CALCIN

PARAGONATE IN RISPET

PROPORZIONI		RESISTENZE ASSOLUTE DELLE MALTE PER CENTIMETRO QUADRATO				OSSERVAZIONI
		Esposte all'aere		Sepolte sotterra		
CALCE GRASSA estinta per immersione e misurata in pasta	SABBIA granitica comune	MANIPOLATE al modo consueto	RIMESTATE con addizione d'acqua per 5 mesi	MANIPOLATE al modo consueto	RIMANEGGIATE con addizione d'acqua per 5 mesi	
100	150	chil. 4,14	chil. 5,43	chil. 1,53	chil. 1,88	Ciascuno di questi resultamenti è il medio fra dieci sperimenti fatti con la maggior diligenza e pochissimo fra loro differenti. Le malte rimaneggiate non lo erano tutt'i giorni, ma di quando in quando con l'intervallo di 7 ad 8 giorni. Le malte sepolte sonosi lasciate per due mesi all'aria prima di esporlo alla pruova.
100	200	5,70	6,32	1,85	2,00	

Malte paragonate relativamente alla consistenza conferita alla miscela della calcina con la sabbia.

PROPORZIONI		RESITENZA ASSOLUTA PER CENTIMETRO QUADRATO DELLE MALTE DELL'ETÀ DI 14 MESI						OSSERVAZIONI
		Esposte all'aere			Posto sotterra			
CALCINA sommamente idraulica in pasta ottenuta con l'estinziene ordinaria	SABBIA GRANITICA	impastata soda	idem molle	idem quasi liquida	impastata soda	idem molle	idem quasi liquida	
100	150	chil. 16,80	chil. 10,08	chil. 5,40	chil. 12,48	chil. 11,60	chil. 8,95	ciascuno di questi resultati è il medio fra molte sperienze.
Calce grassa 100	150	5,65	2,90	1,20	. . .	. . .	. . .	

RASSA DELL'ETÀ DI 15 MESI

L'INFLUENZA DELLA MANIPOLAZIONE.

PROPORZIONI		RESISTENZA ASSOLUTA per centimetro quadrato delle malte dell'età di 22 mesi.		INDICAZIONI.
CALCE ESTINTA per immersione e misurata in pasta	SABBIA granitica comune	ESPOSTE dopo la loro fabbricazione sotto un tetto ad una temperatura di 15.°	POSTE in prima sotterra, e quindi progressivamente all'aria esterna	
calce idraulica		chil.	chil.	
190	150	6, 48	11, 64	Ciascuno di questi resultati è il medio fra molti sperimenti.
calce debolmente idraulica				
180	150	3, 10	5, 18	
calce grassa comune				
180	150	3, 20	3, 60	

TABELLA N.° XIV. IN SOSTEGNO DEL CAPO XIV.

RESISTENZE ASSOLUTE DI DIVERSE MALTE PARAGONATE RELATIVAMENTE ALL' EFFETTO DEL COSTIPAMENTO.

INDICAZIONI	CALCINA GRASSA in pasta		CALCINA idraulica	INGREDIENTI: SABBIE E SABBIONI		INGREDIENTI: POLVESCENTI			RESISTENZE ASSOLUTE delle malte di 12 mesi per centimetro quadrato		
	ottenuta con l' estinzione spontanea	ottenuta con l' estinzione ordinaria	in pasta ed estinta per immersione	SABBIA granitica comune	SABBIA granitica finissima	CALCAREA argillosa grafica	CALCAREA da fabbricare	CALCE carbonata cristallizzata	PRISMI non pigiati	PRISMI pigiati nel senso della lunghezza	PRISMI pigiati perpendicolarmente alla lunghezza
									chil.		
MALTE esposte alle intemperie	100	. . .	. . .	220	. . .	. . .	. . .	. . .	1, 25	2, 20	2, 30
	. . .	100	. . .	220	. . .	. . .	. . .	. . .	0, 69	1, 39	2, 64
	. . .	. . .	100	180	. . .	. . .	. . .	. . .	11, 63	8, 40	12, 00
	. . .	. . .	100	. . .	180	. . .	. . .	. . .	9, 36	9, 08	16, 32
	. . .	. . .	100	. . .	. . .	180	. . .	. . .	8, 64	7, 00	10, 08
	. . .	. . .	100	. . .	. . .	. . .	180	. . .	13, 20	6, 20	15, 36
	. . .	. . .	100	. . .	. . .	. . .	. . .	180	13, 45	9, 60	15, 84
	. . .	. . .	100	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	3, 12	3, 36	6, 6[illegible]
MALTE esposte sotterra	100	. . .	. . .	270	. . .	. . .	. . .	. . .	0, 76	1, 84	0, 96
	. . .	100	. . .	270	. . .	. . .	. . .	. . .	0, 57	1, 63	1, 54
	. . .	. . .	100	1[illegible]0	. . .	. . .	. . .	. . .	7, 20	11, 04	9, 36
	. . .	. . .	100	. . .	. . .	180	. . .	. . .	0, 48	4, 81	3, 84
	. . .	. . .	100	. . .	. . .	. . .	180	. . .	5, 04	6, 24	6, 19
	. . .	. . .	100	. . .	. . .	. . .	. . .	180	4, 16	7, 20	6, 72
	. . .	. . .	100	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	8, 60	4, 58	6, 30

Diverse malte e cementi paragonati nel rispetto del loro peso specifico e della loro porosità.

INDICAZIONI	PESO specifico	PESO dell'acqua assorbita per inzuppamento al metro cubo
Diverse malte di calcina idraulica e sabbie quarzose o calcaree, soggettate al pigiamento. . .	2031	176, 00
	2000	172, 00
	1960	194, 00
	1945	203, 00
	1928	196, 00
Diverse malte di calcino idrauliche e sabbie quarzose o calcaree impastate sode	1885	196, 00
	1873	217, 00
	1854	195, 00
	1789	239, 00
	1753	251, 00
	1747	249, 00
Diverse malte di calcine idrauliche e sabbie quarzose o calcaree, impastate molli	1692	274, 00
	1692	281, 00
	1317	374, 00
	1279	368, 00
	1267	389, 00
Cementi diversi tratti da antichi acquedotti	2000	156, 00
	1940	307, 00
	1760	320, 00
	1602	301, 00
	1516	353, 00
	1472	345, 00
	1402	400, 00
	1384	335, 00
	1359	304, 00
	1342	384, 00

Nota. Risulta da codeste comparazioni che i cementi sono in generale più permeabili delle malte di calce e sabbia ben fatte.

TABELLA N.° XV.

IN SOSTEGNO DEL CAPO XVI.

CARATTERI, COMPOSIZIONE E RESISTENZE ASSOLUTE

DI ALCUNE MALTE ROMANE DEL MEZZODÌ DELLA FRANCIA.

INDICAZIONI	COMPOSIZIONE DELLE MALTE: CORPI RIDOTTI IN POLVERE IMPALPABILE e formanti la base principale	COMPOSIZIONE DELLE MALTE: CORPI PALPABILI introdotti nella base	OSSERVAZIONI	RESISTENZA ASSOLUTE per centim. quadrato
MALTE DI GRANDI MASSE MURALI.				
DELL'ANTICA VESUNA				chil.
N.° 1. Ricavata dall'Anfiteatro. N.° 2. *Idem*, dalle Terme. N.° 3. *Idem*, dalla torre di Vesuna.	Malta rossa, formata di calce bianca e d'una piccolissima quantità di pozzolana rossa in polvere impalpabile.	Ghiaiuola quarzosa, dalla grossezza d'un cecio fino a quella d'una noce.	Malte grasse grossolanamente manipolate, nelle quali si scorgono una moltitudine di grumi di calcina.	N.° 1. 2,48 2. 5,34 3. 6,70
DI CAHORS				
N.° 1. Tratta da un teatro antico. N.° 1 *bis*. *Idem*. N.° 2. Da un tempio. N.° 3. Da un canale romano.	Malta bianco-sporca, composta con calce del medesimo colore.	Ghiaiuola quarzosa, dalla grossezza d'una testa di spilla fino a quella d'una nocella	Malta grasse, meglio manipolate delle precedenti, nelle quali non è entrata pozzolana.	1. 4,24 1 *bis*. 4,56 2. 3,79 3. 7,68
DI NIMES.				
N.° 1. Ricavata dall'Anfiteatro. N.° 2. *Id.*, dal tempio di Diana N.° 3. *Id.*, dalla torre Magna. *(Turris Magna)*.	Malta or bigia ed ora rossa, composta di calce bianca e d'una pozzolana in polvere impalpabile in piccola quantità.	Ghiaiuola quarzosa e calcarea, dalla grossezza d'un cecio fino a quella di una grossa nocella.	Malte grasse assai male manipolate, nelle quali si scorge una moltitudine di grumi di calcina bianca.	1. 3,69 2. 5,59 3. 11,90
DELL'ACQUIDOTTO DEL GARD.				
N.° 1. Ricavata dalle pile. N.° 1 *bis*. *Idem*.	Malta terrosa formata di calcina e sabbia terrosa.	Ghiaiuola quarzosa, della grossezza piuttosto uniforme d'un cecio.	Malta magra, mal manipolata, piena di grumi di calcina bianca.	1. 6,17 1 *bis*. 3,21
DI VIENNA.				
N.° 1. Ricavata dall'Anfiteatro. N.° 2. *Idem*, dai chiavicotti.	Malta piuttosto omogenea, bianco-sporca composta di sola [illegible]	Ghiaiuola quarzosa di ogni grossezza, da quella d'un cecio fino a [illegible]	Malte grasse assai bene amalgamate.	1. 5,80 2. [illegible]

(a Capdenac, sul Lot).					
N.° 1. Ricavata dai massicci.	Malta bigia, composta di sola calcina bigia.	Ghiaiuola quarzosa di ogni grossezza.	Malta grassa, male manipolata. disseminata di grumi di calcina.	1.	3,63
MALTE DI ACQUEDOTTI.					
RIVESTIMENTI E PAVIMENTI ANTICHI.					
DELL'ANTICA VESCNA.					
N.° 1. Ricavata dall'acquedotto delle Terme.	Malta rossiccia, composta di calcina e di laterizi rossi in polvere impalpabile.	Frammenti di laterizi rossi della grossezza d'una noce in piccola quantità.	Malta grassissima, male impastata, piena d'una moltitudine di grumi di calcina bianca.	1.	4,44
DI CAHORS.					
N.° 1. Tratta dall'acquedotto dello Terme.	Malta rossiccia, composta di calcine e di mattone rosso in polvere impalpabile.	Frammenti di mattone rosso, della grossezza d'una nocella in piccola quantità.	Malta grassa, mediocremente manipolata, disseminata di particelle di calcina d'un bianco sporco.	1.	8,14
N.° 2. *Idem*, dall'intonico d'una porta antica.				2.	2,04
N.° 3. *Idem*, d'un bacino.				3.	6,93
DI NIMES.					
N.° 1. Tratta dal pavimento delle gallerie dell'anfiteatro.	Malta bigia, composta di calcina bianca e di polvere di carbone.	Frammenti di carbone, della grossezza d'un cecio.	Malta assai ben fatta.	1.	8,93
DELL' ACQUEDOTTO DEL GARD.					
N.° 1. Tratta dal rivestimento dell'Acquidotto.	Malta biancheccia composta di sola calcina.	Frammenti di mattoni gialli e rossi, della grossezza d'una noce.	Malta grassissima.	1.	3,09
N.° 1 *bis. Idem.*				1 *bis*.	8,35
DI VIENNA.					
N.° 1. Ricavata da casa antica. Rivestimento.	Malta rossiccia, composta di calcine e di mattone rosso in polvere impalpabile.	Frammenti di mattone rosso, della grossezza d'una nocella.	Malte assai bene amalgamate.	1.	3,87
N.° 2. *Idem*, pavimento.				2.	5,54
N.° 3. latonico.				3.	7,20
DI SARLAT.					
N.° 1. Tratta da un acquidotto romano.	Malta rossiccia, composta di calcina e di mattone rosso, in polvere impalpabile.	Frammenti di mattone rosso della grossezza d'una noce.	Malte assai bene amalgamate	1.	3,87

TABELLA N.° XVI. PARAGONE DELLE RESISTENZE DI DIVERSI COMPOSTI

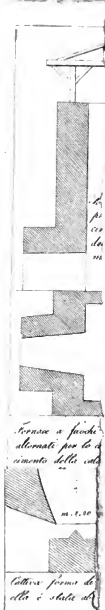
IN SOSTEGNO DELLA NOTA SULLA TEORICA DELLE MALTE

RISPETTO ALLE PROPORZIONI ED ALLA GROSSEZZA DE' CORPI INTRODOTTI NELLA MATERIA CHE SERVE DI BASE.

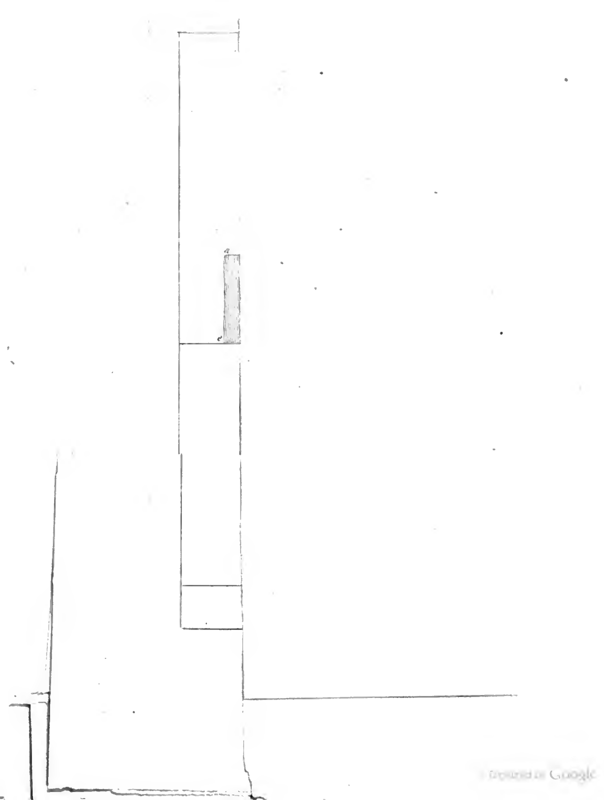
NUMERI dei quadrelli	SABBIA comune	SABBIA grossa	GHIAIUOLA	ARGILLA	RESISTENZE assolute de' quadrelli per centim. quadrato	OSSERVAZIONI
					chil.	
1	. . .	. . .	. . .	1, 00	4, 08	I quadrelli 12, 13, 14, 15, e 16 non hanno neppur potuto sopportare la cassa leggerissima nella quale si versa la sabbia.
2	1, 00	. . .	. . .	1, 16	1, 33	
3	1, 00	. . .	. . .	0, 96	1, 05	
4	1, 00	. . .	. . .	0, 76	0, 91	
5	1, 00	. . .	. . .	0, 56	0, 82	
6	1, 00	. . .	. . .	0, 36	0, 63	
7	. . .	1, 00	. . .	1, 16	0, 32	
8	. . .	1, 00	. . .	0, 96	0, 25	
9	. . .	1, 00	. . .	0, 76	0, 23	
10	. . .	1, 00	. . .	0, 56	0, 03	
11	. . .	1, 00	. . .	0, 36	0, 00	
12	. . .	. . .	1, 00	1, 16	. . .	
13	. . .	. . .	1, 00	0, 96	. . .	
14	. . .	. . .	1, 00	0, 76	. . .	
15	. . .	. . .	1, 00	0, 56	. . .	
16	. . .	. . .	1, 00	0, 36	. . .	
				GESSO comune		
1	. . .	. . .	. . .	1, 00	14, 69	
2	1, 50	. . .	. . .	2, 00	8, 50	
3	1, 50	. . .	. . .	1, 00	5, 97	
4	. . .	1, 50	. . .	2, 00	7, 65	
5	. . .	1, 50	. . .	1, 00	4, 19	
6	. . .	. . .	1, 50	2, 00	6, 24	
7	. . .	. . .	1, 50	1, 00	2, 78	



		ERRORI	CORREZIONI
Paggina	*Verso*		
17	32	separamente	separatamente
26	18	no ha	non ha
84	18	divisionario	divisionari
86	4	cristillazione	cristallizzazione
89	29	colorico	calorico
99	4	afferrescenza	efferrescenza
109	17	leggeramente	leggermente
140	*ultimo*	gratitiche	granitiche
149	*primo*	oggetto	oggetto
150	20	silica	silice


Fornace a fuochi
alternati per lo c
cimento della cal
m. 1.20
Cattiva forma di
ella è stata ab


BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III"
NAPOLI



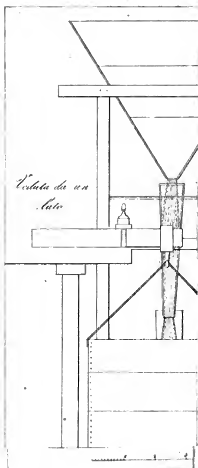

NAPOLI
VITTORIO EMANUELE III

Alzato prosp
Macchina d
la durezza
o dei cement



ha la quanti


NAZIONALE VITTORIO EMAN
NAPOLI


Veduta da un
lato





